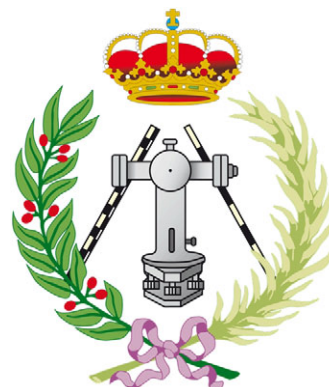




**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA,  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA  
TITULACIÓN DE GRADO EN INGENIERÍA GEOMÁTICA Y  
TOPOGRAFÍA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL DESPOBLADO DE  
OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

**Madrid, Julio de 2017**

***Alumno: Álvaro Lendínez Maqueda***

***Tutor: Serafín López-Cuervo Medina***



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

---

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**





**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA,  
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA  
TITULACIÓN DE GRADO EN INGENIERÍA GEOMÁTICA Y  
TOPOGRAFÍA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL DESPOBLADO DE  
OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**



**Madrid, Julio de 2017**

***Alumno: Álvaro Lendínez Maqueda***

***Tutor: Serafín López-Cuervo Medina***



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

---

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**







### *Agradecimientos*

*En primer lugar, quisiera agradecer a mi tutor, Serafín López-Cuervo Medina, por darme la oportunidad de realizar este Trabajo de Fin de Grado, cuya temática es de gran interés para mí, además de darme la oportunidad de adentrarme en el mundo de la fotogrametría mediante Drones o RPAS.*

*Gracias a mi familia y todo el apoyo ofrecido, en especial durante la realización del Grado en Ingeniería Geomática y Topografía.*

*Gracias a mis compañeros de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía Geodesia y Cartografía, en especial a Aurelio, por su ayuda durante el grado y en las tareas de toma de datos en campo de este trabajo.*

*“nanos gigantum humeris insidentes”*



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

---

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**





## **RESUMEN**

Este Trabajo de Fin de Grado, pretende obtener un modelo tridimensional del despoblado de Oreja (Toledo) mediante RPA's (por sus siglas en inglés, Remotely Piloted Aircraft), para su posterior edición e inserción en sistemas de realidad virtual.

Además, este trabajo servirá para realizar un estudio de la viabilidad y metodología, necesarias para llevar a cabo un levantamiento fotogramétrico de municipios de pequeña extensión y/o de parcelas urbanas, actualmente no permitido por la legislación vigente, pero que previsiblemente se permitirá en un futuro cercano para diversos fines, catastrales entre otros. Por ello se realizará una pequeña comparativa de las precisiones alcanzadas con técnicas GNSS y topografía clásica.

También se obtendrán productos derivados, como el Modelo Digital del Terreno, Modelo Digital de Superficies y Ortofotografía verdadera (True Orto).



## ÍNDICE

RESUMEN.....	7
ÍNDICE .....	8
1. OBJETIVOS. ....	10
2. ANTECEDENTES. ....	12
2.1. Cambios legislativos para el uso de RPA's con usos comerciales.....	12
2.2. Descripción breve de la legislación actual .....	13
2.3. Legislación futura.....	15
3. SITUACIÓN GEOGRÁFICA. ....	18
4. PROYECTO DE VUELO.....	22
4.1. Factores de los que depende el proyecto de la toma fotográfica.....	22
4.2. Estudio del objeto.....	22
4.2.1. Decisión del objeto. ....	22
4.2.2. Dimensiones del objeto .....	23
4.2.3. Entorno y seguridad.....	24
4.2.4. Iluminación .....	24
4.3. Cálculo de los parámetros del vuelo. ....	25
4.4. Toma fotográfica. ....	27
4.5. Distribución de los puntos de apoyo. ....	29
5. TOMA DE DATOS EN CAMPO.....	32
5.1. Primera fase:.....	32
5.2. Segunda fase:.....	33
6. POSTPROCESO GNSS (RTK).....	36
7. PROCESADO DEL VUELO .....	44
7.1. Proceso fotogramétrico. ....	44
7.2. Discusión de resultados del procesado del vuelo. ....	46
8. PRECISIÓN ALCANZADA. ....	50
8.1. Precisión obtenida mediante puntos de control.....	50
8.2. Control de calidad mediante GNSS y topografía clásica. ....	51
8.2.1. Planimetría.....	51



8.2.2.	Altimetría.....	52
9.	ANÁLISIS DE SOFTWARE 3D.....	56
9.1.	Autodesk Recap 360 y Autodesk Autocad 2018.....	56
9.2.	MDTopX.....	57
9.3.	3d Reshaper.....	58
9.4.	Rhinoceros.....	59
9.5.	3ds Max 2018.....	60
9.6.	Meshlab.....	61
9.7.	CloudCompare.....	62
9.8.	Sketchup.....	63
10.	INTEGRACIÓN EN ENTORNOS VIRTUALES.....	66
10.1.	Creación de archivos kmz para Google Earth.....	67
10.2.	Integración del modelo 3d en un videojuego.....	71
11.	PRESUPUESTO.....	76
12.	CONCLUSIONES.....	80
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	84
14.	ANEXOS.....	86
14.1.	Informe de cálculo Referencia del RTK.....	86
14.2.	Reseñas de los puntos de apoyo.....	90
14.3.	Listado de puntos del levantamiento rtk.....	93
14.4.	Listado de puntos del levantamiento con estación total.....	105
14.5.	Control de calidad altimétrico.....	109
14.6.	Procesado del vuelo.....	121
14.6.1.	Características recomendadas por pix4d.....	121
14.6.2.	Preprocesado.....	121
14.6.3.	Creación de nuevo proyecto.....	122
14.6.4.	Procesamiento del paso 1 o procesamiento inicial.....	130
14.6.5.	Procesamiento del paso 2 nube de puntos y malla.....	138
14.6.6.	Procesamiento del paso 3 Mds, Ortomosaico e índices.....	140
14.6.7.	Generación de la malla tridimensional con texturas.....	143
14.7.	Informe de resultados Pix4D.....	145



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

---

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**





**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

---

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**



## *1.OBJETIVOS*

---



## **1. OBJETIVOS.**

Este proyecto tiene como objetivos, realizar el levantamiento fotogramétrico de un pueblo de pequeñas dimensiones, con el fin de realizar un modelo tridimensional de éste, para su posterior inserción en sistemas de realidad virtual, mostrando la capacidad de la tecnología actual para, por ejemplo, incluirlos en videojuegos.

Debido a que la legislación vigente no permite el vuelo sobre núcleos urbanos, se ha escogido realizar el levantamiento fotogramétrico de un despoblado. Dicho despoblado es el de Oreja, en la Provincia de Toledo.

Además, como se va a modificar previsiblemente el marco regulatorio actual. En cuyo borrador uno de los cambios más importantes es la posibilidad de realizar vuelos en núcleos urbanos, se va a aprovechar el levantamiento fotogramétrico para estudiar la viabilidad y características de levantamientos fotogramétricos en poblaciones de pequeña extensión en un futuro cercano.

Como tal, una de las posibles utilidades sería la realización de cartografía catastral urbana, cuyas escalas más utilizadas son 1:500 y 1:1000.

Por lo citado anteriormente, el levantamiento fotogramétrico, se realizará con la finalidad de obtener un orto mosaico, capaz para realizar dicha cartografía catastral.





## *2. ANTECEDENTES*

---



## **2. ANTECEDENTES.**

Este Trabajo de Fin de Grado viene motivado principalmente por la capacidad actual que aportan los sistemas aéreos pilotados remotamente RPA's para la realización de modelos tridimensionales, a través técnicas fotogramétricas y las capacidades que tienen los productos derivados, como por ejemplo el uso de los modelos tridimensional para incluirlos en entornos de realidad virtual, como pueden ser globos digitales, escenas tridimensionales o videojuegos.

A su vez también viene motivado por la inminente modificación del marco regulatorio actual en el uso de RPA's. Y la posibilidad de que se permita el vuelo dentro de núcleos y zonas urbanas. Lo que permitirá realizar trabajos cartográficos de entornos urbanos mediante esta tecnología.

### **2.1. Cambios legislativos para el uso de RPA's con usos comerciales**

A continuación, se mencionan los cambios regulatorios, en el tema de los RPA's en España hasta la normativa vigente.

El marco regulatorio actual para el uso comercial de las aeronaves no tripuladas, RPA's o drones entró en vigencia a través de las modificaciones siguientes de la Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea.

Primera modificación a través del Real Decreto-ley 8/2014, de 4 de julio.

(Ref. [BOE-A-2014-7064](#)).

Modificación a través de la Ley 18/2014, de 15 de octubre de 2015 (Vigente a fecha de realización de este TFG)

(Ref. [BOE-A-2014-10517](#)).



## 2.2. Descripción breve de la legislación actual

A continuación, se describe brevemente el contenido de la legislación actual.

La legislación Permite:

- Realizar actividades aéreas de trabajos técnicos y científicos
- Demostraciones aéreas de público restringido

Diferentes tipologías de vuelos:

- De producción y mantenimiento del fabricante u organizaciones de mantenimiento
- De programas de investigación nacionales o europeos
- De prueba del desarrollo y por último de I+D realizados por el fabricante.

Las zonas permitidas para operar serán aquellas que se encuentren fuera de núcleos urbanos, parques naturales, así como, aglomeraciones de personas al aire libre, en espacio aéreo no controlado.

Los vuelos deben desarrollarse bajo el paraguas de la normativa establecida que contempla los siguientes puntos:

Dentro del alcance visual o VLOS:

- Altura máxima: **120 metros**
- Distancia máxima: **500 metros** desde el operador.
- Aeronave: hasta **25 kg**.
- Zona de seguridad:
  - Distancia superior a 8 km de un aeropuerto o aeródromo con procedimientos de vuelo visual.
  - Distancia superior a **15 km de un aeropuerto** u aeródromo si la infraestructura cuenta con **procedimientos de vuelo instrumental**.



Más allá del alcance visual o BVLOS:

- Altura máxima: **120 metros**
- Aeronave: inferior a **2 kg**
- Zona de seguridad:
  - Distancia superior a 8 km de un aeropuerto o aeródromo con procedimientos de vuelo visual.
  - Distancia superior a **15 km de un aeropuerto** u aeródromo si la infraestructura cuenta con **procedimientos de vuelo instrumental**.

El objetivo de la ley vigente es establecer los requisitos para que el uso del dron sea seguro, en todo lo que implica al vehículo, al piloto y a la comunicación entre ambos, por ello, los **pilotos también deberán contar con una formación específica para el uso de estos drones**. En cualquier caso, será necesaria la identificación de la aeronave y del operador.

AESA (Agencia Estatal de Seguridad Aérea) está obligada a emitir un acuse de recibo en el plazo de 5 días a contar desde el día de recepción de la documentación en el que figuren las actividades para cuyo ejercicio quedan habilitadas. Es una autorización de tiempo indefinido. Para las aeronaves de más de 25 kg se requerirá la autorización previa de la AESA.

En caso de incumplimiento de la regulación del uso de drones, las sanciones actuales se encuentran entre los 4.500 y los 70.000 euros.

*Fuente: Hemav*



### 2.3. Legislación futura.

Tal y como antes se ha mencionado, está en trámite la implantación de una nueva legislación que modifique la actual, de hecho, la Agencia Estatal de Seguridad Aérea ya ha presentado a la Comisión Europea el borrador de un nuevo Real Decreto, que se puede consultar en el siguiente documento.



notification\_draft\_2  
016\_73\_E\_ES.DOC



*Enlaces al borrador del Real Decreto.*

Este borrador Incluye la posibilidad de volar en núcleos urbanos y aglomeraciones de personas con condiciones de seguridad y requisitos mayores. A continuación, se cita el artículo 20 del texto anterior.

3. Las aeronaves pilotadas por control remoto (RPA) cuya masa máxima al despegue no exceda de 10 kg **podrán operar sobre aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o reuniones de personas al aire libre**, en espacio aéreo no controlado y fuera de una zona de información de vuelo (FIZ), dentro del alcance visual del piloto (VLOS), a una distancia horizontal máxima del piloto de 100 m, y a una altura máxima sobre el terreno no mayor de 400 pies (120 m) sobre el obstáculo más alto situado dentro de un radio de 600 m desde la aeronave.



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

---

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**





## *3.SITUACIÓN GEOGRÁFICA*

---



### **3. SITUACIÓN GEOGRÁFICA.**

El despoblado, elegido para la realización del proyecto, para cumplir con la legislación vigente, es el de Oreja, perteneciente al término municipal de Ontígola, en la Provincia de Toledo, el pueblo está compuesto de una iglesia y de varias casas, en forma de u con una calle central, con una extensión aproximada de 1,84 hectáreas.

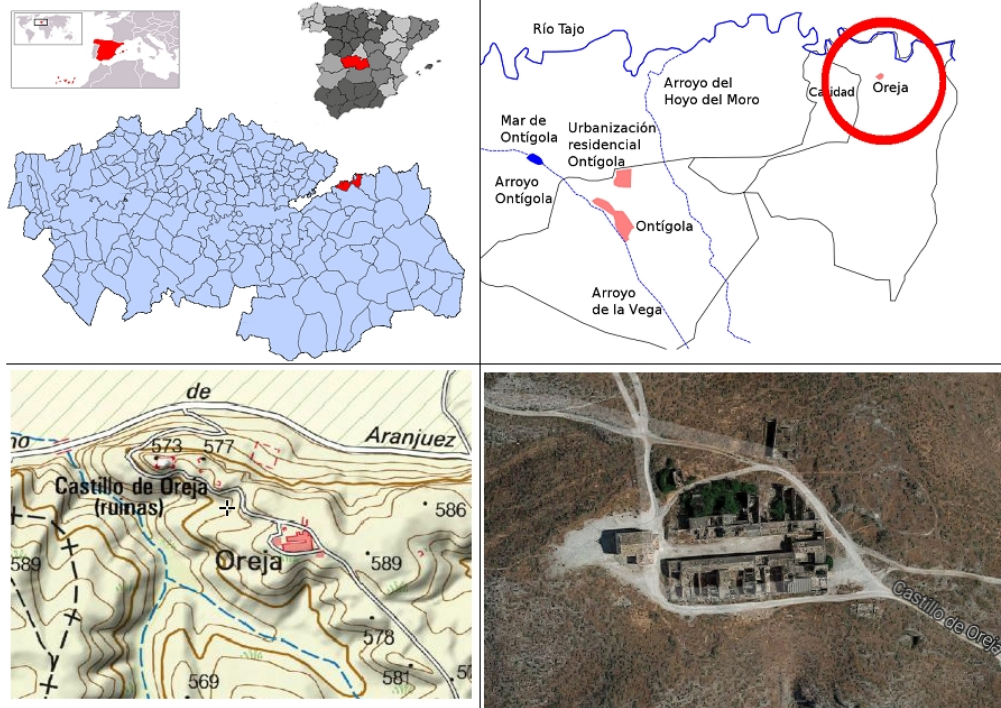
Sobre el actual emplazamiento, se asentó la villa romana de Aureliae. Posiblemente el emplazamiento fue elegido debido a que es un excelente mirador de la vega del río Tajo.

Anejo al asentamiento existe el castillo de Oreja. Situado a unos escasos 300 metros del pueblo y visible desde muchos kilómetros a la redonda, que fue construido por los musulmanes hacia el siglo X para proteger y dominar el paso del río Tajo en su defensa del reino de Toledo.

El pueblo se convirtió en despoblado debido entre otros factores a las nulas infraestructuras realizadas en el pueblo, no se instaló luz, ni se canalizó, agua, además los vecinos tenían que desplazarse kilómetros por cualquier necesidad.



A continuación, se muestra la situación geográfica del pueblo:



*Castillo de Oreja (vista desde el despoblado).*



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

---

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**





## *4.PROYECTO DE VUELO*

---



## 4. PROYECTO DE VUELO.

### 4.1. Factores de los que depende el proyecto de la toma fotográfica.

*Los factores más importantes que influyen en la toma fotográfica son:*

- *El objeto (situación, tamaño, entorno, etc.)*
  - *El Objeto a levantar será el poblado de Oreja de unas dimensiones de en torno a 160 metros de largo por 115 metros de ancho y 25 metros de alto (incluyendo edificios)*
- *El sistema fotográfico a utilizar (Cámara, objetivo, etc.)*
  - *El sistema fotográfico a utilizar será la cámara integrada en el drone Phantom IV con cámara (DJI FC330), para lo que comprobaremos si con ésta, podremos llegar a la precisión requerida del modelo virtual final.*
- *Precisión requerida. Impuesta por el cliente o por los usos que este quiera hacer del modelo virtual.*
  - *El objetivo será la obtención del modelo virtual del pueblo para exponerlo en formato digital. Pero, además como ha sido realizado mediante procedimientos fotogramétricos y por ingenieros, se le quiere dotar de veracidad. Para lo cual se va a realizar un análisis métrico para realización de cartografía catastral urbana a escala 1:500.*

### 4.2. Estudio del objeto

Este epígrafe es el más importante, ya que condicionará el resto de puntos del proyecto de vuelo, ya que, debido al objeto en sí, tamaño, importancia, uso posterior del modelo realizado, dependerá la precisión requerida y por sucesivo también podría condicionar el sistema fotográfico y, en fin, a todo el proyecto.

#### 4.2.1. Decisión del objeto.

Se ha decidido realizar el levantamiento de un despoblado, ya que así además de la obtención del modelo tridimensional se puede realizar un estudio de las posibilidades de la realización de cartografía catastral.



#### 4.2.2. Dimensiones del objeto

Tal y como se ha mencionado antes el objeto tiene un volumen aproximado de 160x115x25 metros. En edificios de alturas comprendidas entre los 8 y 10 metros, entre los que se encuentran (en su mayoría) edificios en estado ruinoso.

Lo anterior produciría muchas zonas ocultas en el caso que realicemos un vuelo de imagen vertical incluso si tenemos un alto recubrimiento longitudinal. Debido a esto, se ha decidido realizar 3 vuelos con diferentes actitudes de cámara y un alto recubrimiento.



*Se muestran las zonas ocultas en el modelo, resultado de realizar solo el vuelo vertical.*



*Se muestra el modelo, habiendo ejecutado los tres vuelos, se puede observar la ausencia de las zonas ocultas anteriores.*



### **4.2.3. Entorno y seguridad**

#### **Accesibilidad**

Se ha comprobado la accesibilidad al pueblo, el cual tiene un solo acceso en coche por el sureste, pudiendo llegar a éste, por la vega del río Tajo desde Aranjuez o desde el pueblo de Ontígola.

Se decidió que el segundo era mejor, debido a que la última parte del primero tiene una pendiente elevada.

#### **Seguridad**

Al tratarse de un despoblado sin infraestructuras de servicio, como electricidad agua o gas, no hubo ningún problema o condicionantes extra de seguridad, solo poner una altura mínima de vuelo que asegure el vuelo por encima de los edificios y además se vigilará que nadie transite por el lugar mientras se realice el vuelo.

### **4.2.4. Iluminación**

La iluminación, junto con el contraste es un factor determinante para la toma fotográfica. Más si cabe, al no utilizar una cámara métrica, especial para fotogrametría, las cuales tienen una mayor resolución radiométrica y por tanto un mayor rango dinámico. Debido a lo anterior, será tomado en cuenta, el tamaño de las sombras arrojadas, así como la incidencia del sol en las fachadas.

Estas circunstancias afectaran en la determinación de puntos homólogos en las fotografías.

Debido a que el levantamiento se ha realizado en invierno la altura del sol sobre el horizonte no ha sido la adecuada (en este caso, menor a 40° grados de altura).



### 4.3. Cálculo de los parámetros del vuelo.

Cálculo de los parámetros que actúan en la toma fotográfica.

Elección de la altura de vuelo y escala de la fotografía.

La elección de la escala de la fotografía se determina en función de la escala a la que se quiere representar el mapa y del tamaño de los objetos a detectar.

- Tolerancia de la cartografía a escala 1/500
  - Tolerancia Planimétrica = 10 cm
  - Tolerancia Altimétrica 1/4 de la equidistancia (50cm)  
Tolerancia Altimétrica = 13 cm aproximación al entero superior a 12,5 cm.
- Utilizando la expresión empírica que relaciona la escala del mapa y la del fotograma:

$$m_b = k\sqrt{m_k}$$

Donde:

$m_b$  = escala fotograma.

$m_k$  = escala de la cartografía.

$k$  = depende de la calidad de la fotografía y el instrumento de medida. Varía entre 200 y 300.

Obtenemos una escala de fotograma para escala cartográfica 1:500 de entre **1:4472** y **1:6708**.



DJI FC330_3.6_4000*3000 (RGB)			
Cámara Apaisada			
	Ancho	Alto	
Tamaño sensor	4000	3000	Píxeles
	6.317	4.738	Milímetros
Circulo de Confusión	0.005		Milímetros
Tamaño píxel imagen	1.579	1.579	Micras
Semidiagonal	3.948		Milímetros
	2500		Píxeles
Distancia focal	3.756		Milímetros
	2379		Píxeles
Alejamiento = Alt.Vuelo	25		Metros
Diafragma	2.8		
Hiperfocal	1.008		Metros
Distancia cercana y lejana	0.965	Infinito	Metros
Fotobase	0.948		Milímetros
Tamaño píxel terreno	10.512		Milímetros
Tamaño sensor terreno	42.046	31.536	Metros
Relación Base/Alejamiento	1 /	4.0	
Error altimétrico (priori)	0.0295		Metros
Error planimétrico (priori)	0.0105		Metros
Recubrimiento total	33.637	25.229	Metros
Distancia avance	6.307		Metros
Separación pasadas	8.409		Metros
Dimensiones del objeto	160.00	115.00	Metros
Número de pasadas	10		Pasadas
Número de fotos/pasada	26		Fotos
Escala Fotográfica	6656		Adimensional
Recubrimiento Longitudinal	80		Porcentaje
Recubrimiento Transversal	80		Porcentaje

Finalmente tal y como se muestra en la hoja de cálculo anterior, se eligió una altura de vuelo media sobre el terreno de 25m obteniéndose una escala de vuelo de 1:6656, estando dentro del rango anterior además se obtiene un GSD medio, de entorno al centímetro, pudiendo detectar elementos constructivos como tejas o ladrillos, lo que le dará mayor realismo al modelo tridimensional.





Observamos también que las precisiones a priori tienen el mismo orden de precisión que el levantamiento de los puntos de apoyo mediante GNSS. Hay que remarcar, que este es el del vuelo con fotografías verticales, por lo que, en los vuelos con fotografía oblicuas, cuya altura es de 30 metros debido a la duración de la batería, obtendremos un GSD o tamaño del pixel en el terreno ligeramente superior, es decir se perderá un poco de precisión, pero a cambio habrá menos ocultamientos y un mayor número de imágenes para la correlación de puntos homólogos.

#### 4.4. Toma fotográfica.

Realización de las fotografías del objeto en función de los parámetros calculados.

- Para la realización del diseño de este punto debemos tener en cuenta:
  - Cada elemento a representar ha de estar contenido en 3 fotos como mínimo, ya que cuantos más haces intersequen en una posición espacial, mayor precisión se obtendrá en el ajuste.
  - Las convergencias entre haces homólogos de diferentes fotogramas tomados desde distintas posiciones deben tener valores buenos, 60° para mayor precisión en el ajuste.
  - El solape entre fotogramas debe ser de al menos del 60°.

Tal y como se ha descrito antes de forma somera la toma fotográfica ha de cubrir todo el objeto, además de los puntos de apoyo, que nos servirá para georreferenciar el modelo, así como también para mejorar la precisión relativa y absoluta (georreferenciación) del levantamiento.

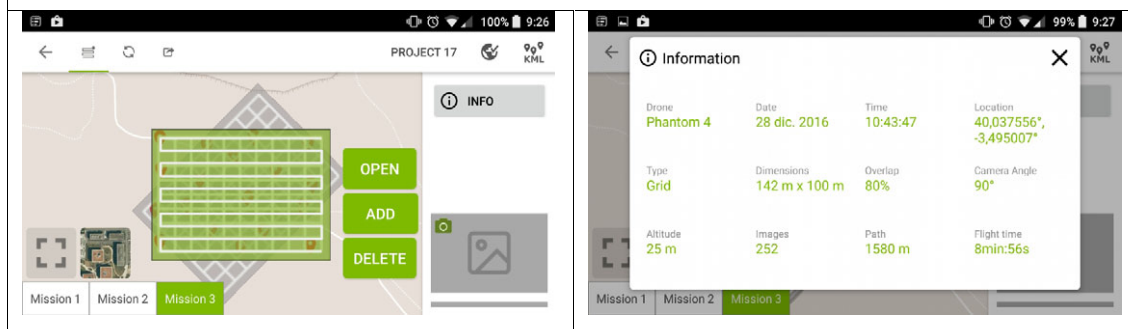
Hay que señalar, que el software Pix4 Capture (proyecto de vuelo), en la versión actual, crea un plano con altura de vuelo constante, respecto del punto de despegue.

No se ha encontrado la posibilidad de que realice un vuelo con una altura constante respecto del terreno en cada momento. Esto permitiría un GSD más homogéneo para toda la extensión.

Resumiendo, se realizarán 3 vuelos, cuyas características se muestran a continuación:

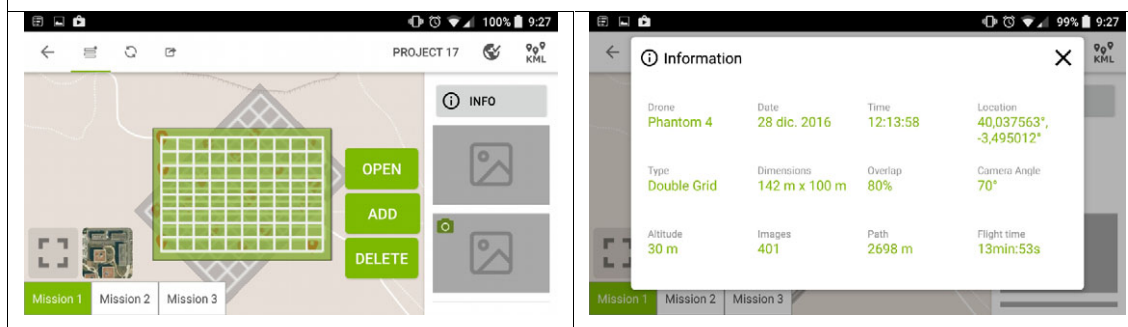
*Misión 3, Realizada en primer lugar.*

Vuelo con fotografías verticales a 25 m de altura y un recubrimiento del 80%



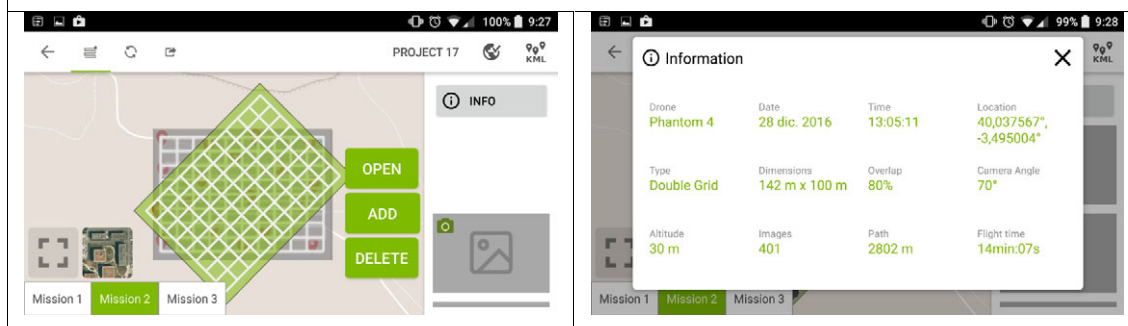
*Misión 1, Realizada en segundo lugar.*

Vuelo con fotografías oblicuas de 70° a 30 m de altura y un recubrimiento del 80%



Misión 2, Realizada en tercer lugar.

Vuelo con fotografías oblicuas de 70° a 30 m y un recubrimiento del 80%



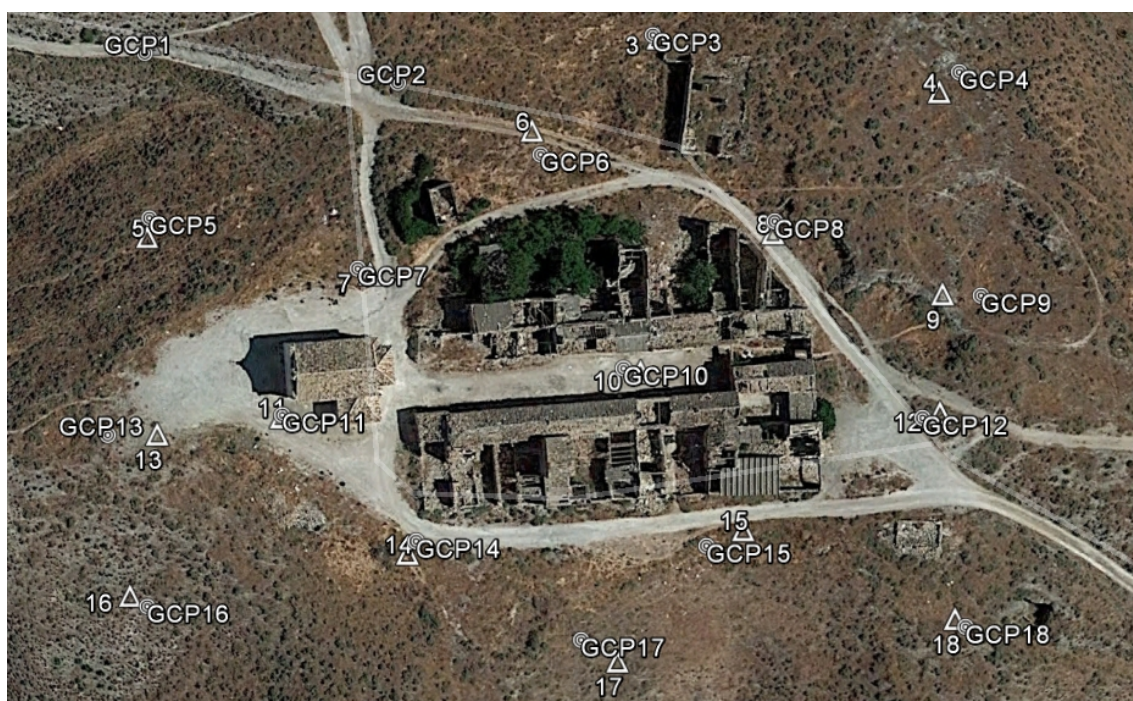
Tal y como se observa, en las tres misiones, se realizaron un total de 1054 imágenes.

Tras cada misión se extrajo la tarjeta de memoria del dron para realizar una copia de seguridad de la misma en un ordenador portátil.

#### 4.5. Distribución de los puntos de apoyo.

Establecimiento del sistema de referencia Terreno.

Antes de la realización del vuelo, en oficina, se hizo un estudio y planteamiento a priori de los puntos de apoyo, mediante el software Google Earth, del cual se exportaron las coordenadas a un móvil para replantear el día del vuelo dichos puntos de apoyo en el entorno de su posición original, en lugares de máxima visibilidad y horizonte despejado, esto permitió tener una buena distribución final de puntos de apoyo tanto en planimetría como en altimetría además de reducir el tiempo en campo.



*Distribución de los puntos de apoyo a priori, en oficina (Círculos) y a posteriori, marcado final en el terreno (Triángulos).*



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

---

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**





## *5. TOMA DE DATOS EN CAMPO*

---

## 5. TOMA DE DATOS EN CAMPO.

La toma de datos en campo se llevó a cabo en dos fases.

### 5.1. Primera fase:

La primera fase fue la señalización y medición mediante RTK de los puntos de apoyo en las localizaciones finales. Localizaciones lo más visibles desde todos los ángulos.

Para la señalización de los puntos de apoyo usados han sido DVD's en el que se han pintado dos cuadrantes opuestos de color negro en forma de diana de puntería.

El tamaño del DVD es de 12cm por y como el GSD resultante estará en torno a 1-2 cm.

El diámetro del DVD resultará en las imágenes oblicuas  $\leq 12$  píxeles y en las fotografías verticales en torno a los 8-12 píxeles.



*Visualización de uno de los puntos de apoyo en una de las imágenes aéreas.*



## 5.2. Segunda fase:

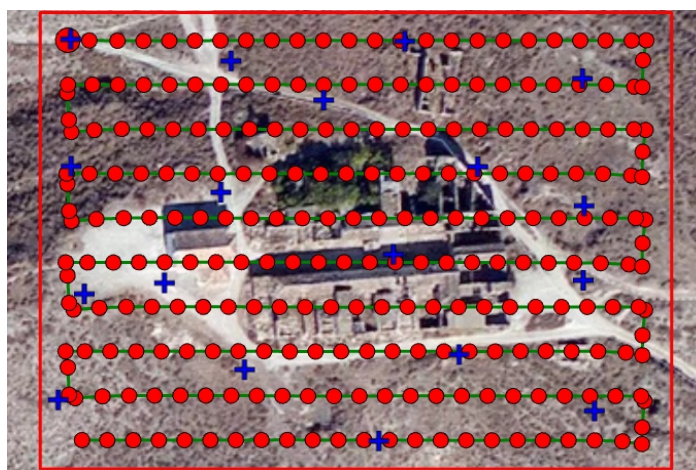
En segundo término, se realizó el vuelo propiamente dicho, para ello se realizó, previo al vuelo el análisis visual de la seguridad.

Principalmente se confirmó, la ausencia de tendido eléctrico, personas. Una velocidad de viento moderada y la altura de los obstáculos más altos respecto del punto de despegue. El cuál era la iglesia que se calculó de manera aproximada con un distanciómetro laser, añadiendo a esta medida 5 metros de margen para obtener la mínima altura de vuelo.

Tras esto se procedió al vuelo automático, observando en todo momento el dron, para en caso necesario, pulsar el botón de regreso a casa o tomar el control de éste directamente.

Entre las tres misiones o vuelos a realizar se procedió a la realización del levantamiento mediante técnicas GNSS (RTK), mientras la batería del dron se cargaba en el coche.

Cabe la pena mencionar que los puntos de apoyo se tomaron dos veces y cada una de ellas con varias ocupaciones GPS, para su promedio y mejorar sus precisiones.



*En la imagen anterior, se observan los puntos de apoyo, el rectángulo observado es el área del vuelo vertical.*



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

---

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**







## *6. POSTPROCESADO GNSS*

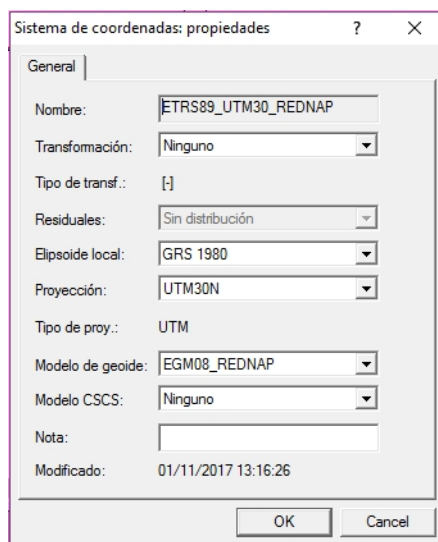
---

## 6. POSTPROCESO GNSS (RTK).

A continuación, se describe el procedimiento para calcular las coordenadas de los puntos de apoyo, obtenidos mediante RTK.

En primer lugar, se importaron desde las tarjetas de memoria (Compact Flash) de los aparatos GPS System 1200 de Leica, haciendo una copia de seguridad en el ordenador de todos los archivos que contiene, entre los que están los archivos de las observaciones en formatos propietarios de Leica dentro de la carpeta DBX.

En el software LEICA Geo Office se creó un proyecto nuevo, al que se le asoció un sistema de coordenadas creado para este proyecto, asociándole el elipsoide GRS80, (Elipsoide del Sistema de referencia ETRS89, actualmente el Oficial en España), la Proyección UTM Huso 30 Norte y el Modelo del geoide egm08\_rednap del Instituto Geográfico Nacional, el más preciso hasta el momento, que tenemos en el sistema de referencia vertical oficial en España.



*Selección del sistema de coordenadas del proyecto.*





El procesamiento de los puntos de RTK se realizó en dos pasos.

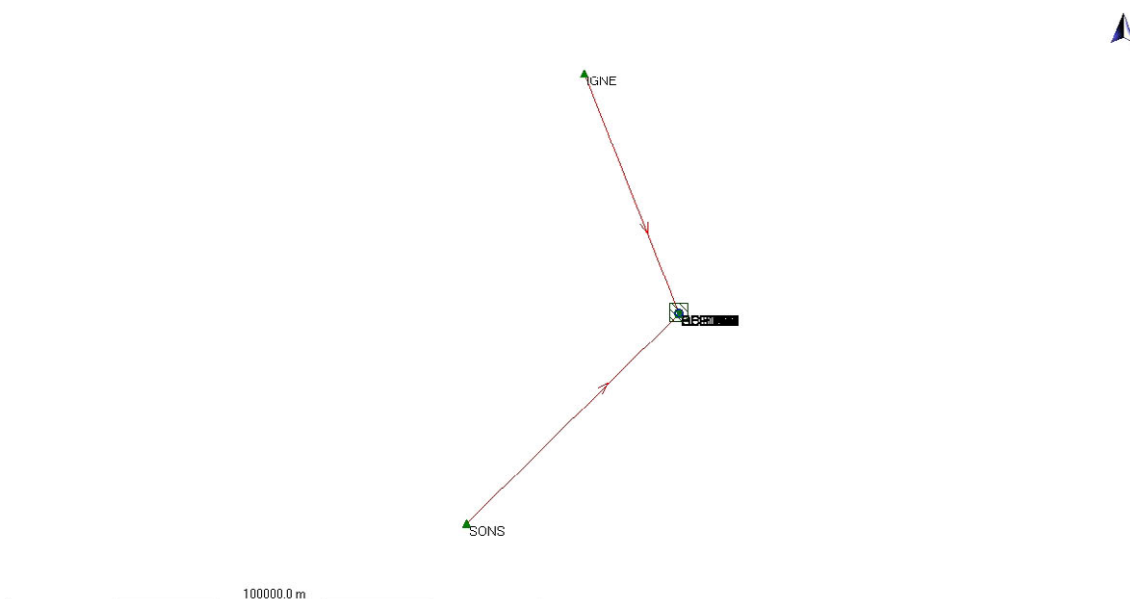
Primero se calcularon las líneas base desde las 2 estaciones permanentes elegidas (IGNE Y SONS) hasta nuestro GPS (Fijo), y tras ello se realizó el cálculo de las coordenadas ajustadas. Obteniendo a su vez las precisiones de dicho punto.

### Resultados del ajuste

#### Coordenadas

Estación		Coordenada	Corr	Prec (95%)	
IGNE	Latitud	40° 26' 45.00901" N	0.0000 m	-	fijo
	Longitud	3° 42' 34.28323" W	0.0000 m	-	fijo
	Altura	766.9201 m	0.0000 m	-	fijo
REF	Latitud	40° 02' 14.77020" N	0.0000 m	0.0026 m	
	Longitud	3° 29' 45.16406" W	0.0000 m	0.0019 m	
	Altura	636.8453 m	0.0000 m	0.0058 m	
SONS	Latitud	39° 40' 31.26381" N	0.0000 m	-	fijo
	Longitud	3° 57' 50.29038" W	0.0000 m	-	fijo
	Altura	808.9674 m	0.0000 m	-	fijo

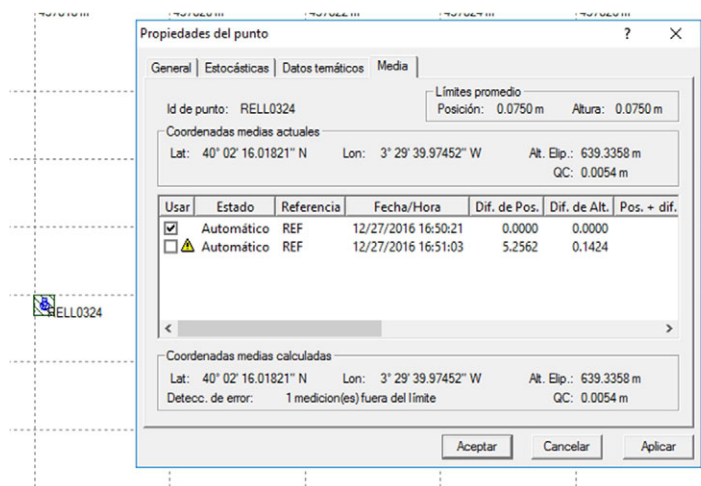
*El informe del ajuste se puede encontrar en anejos.*



*Se observan las dos líneas base entre las dos estaciones permanentes y nuestra referencia.*

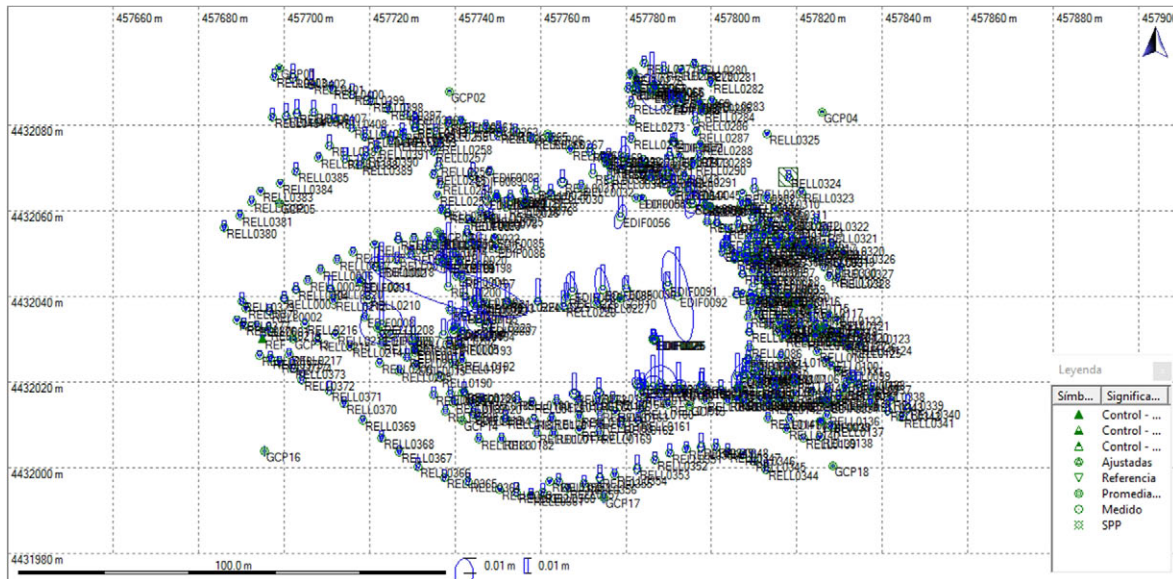
Tras el cálculo de las coordenadas ajustadas de nuestra referencia, se calcula el levantamiento cinemático.

Una vez finalizado el proceso se obtienen todas las coordenadas del levantamiento y se observa que uno de los puntos del levantamiento ha sobrepasado la precisión requerida que se ha introducido a priori en el proyecto (7.5cm), por lo que no se utilizara posteriormente (en las propiedades del punto se observa que este punto ha sido promediado en dos localizaciones distintas).



Usar	Estado	Referencia	Fecha/Hora	Dif. de Pos.	Dif. de Alt.	Pos. + dif.
<input checked="" type="checkbox"/>	Automático	REF	12/27/2016 16:50:21	0.0000	0.0000	
<input type="checkbox"/>	Automático	REF	12/27/2016 16:51:03	5.2562	0.1424	

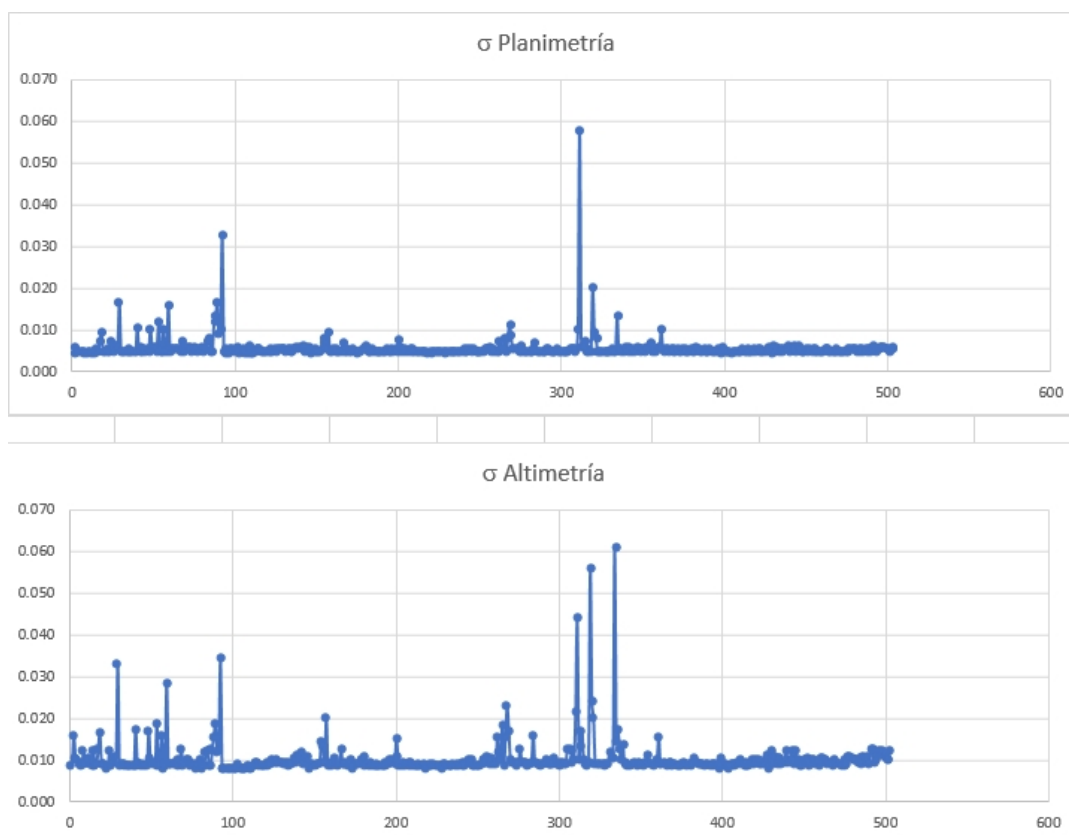
*Punto promediado en localizaciones distintas*



*Puntos obtenidos mediante RTK, además de la referencia y de los puntos de apoyo.*

Estudio de las precisiones, y filtrado de los puntos levantados mediante RTK.

Id_de_punto	Clase_de_punto	X_local	Y_local	Alt._Elip.	Alt._ortom.	Desv._Est._A	Q_Posic.	Pos._+_Q_Alt.
EDIF0001	Medido	457717.979	4432043.502	637.480	586.000	0.009	0.005	0.010
EDIF0002	Medido	457721.587	4432046.985	637.346	585.865	0.016	0.006	0.017
EDIF0003	Medido	457737.431	4432048.689	637.282	585.801	0.011	0.005	0.012
EDIF0004	Medido	457740.235	4432044.942	637.290	585.810	0.010	0.005	0.011
EDIF0005	Medido	457738.778	4432028.876	637.535	586.054	0.009	0.005	0.010
EDIF0006	Medido	457739.501	4432032.068	637.498	586.017	0.009	0.005	0.011
EDIF0007	Medido	457724.770	4432030.979	637.363	585.882	0.009	0.005	0.010
EDIF0008	Medido	457718.913	4432035.111	637.374	585.893	0.012	0.005	0.013
RELL0407	Medido	457706.868	4432083.062	627.586	576.107	0.012	0.006	0.013
RELL0408	Medido	457711.678	4432081.687	628.267	576.788	0.013	0.006	0.014
RELL0409	Medido	457715.805	4432079.319	629.283	577.804	0.011	0.006	0.012
RELL0410	Medido	457718.935	4432077.292	630.101	578.621	0.011	0.005	0.012
RELL0411	Medido	457723.352	4432077.797	630.727	579.247	0.010	0.005	0.011
RELL0412	Medido	457727.698	4432078.365	631.492	580.013	0.010	0.005	0.012
RELL0413	Medido	457730.658	4432079.562	632.104	580.624	0.013	0.006	0.014
						σ Planimetría σ Altimetría		
						Promedio	0.006	0.010
						Desv. Est.	0.003	0.004
						Val. Máximo	0.058	0.061
						Val. Mín	0.005	0.008



Tal y como se muestra en la imagen anterior la gran mayoría de los puntos están por debajo de los 3 cm de incertidumbre.

Tras este estudio de las precisiones alcanzadas de los puntos de RTK se eliminaron los puntos con incertidumbres superiores a los 4 cm en 3D.

Los puntos eliminados, fueron los siguientes:

Id_de_pu	Clase_de	X_local	Y_local	Alt_Elip.	Alt_ortom	Desv_Est.	Q_Posic.	Pos. + Q_A
RELL0200	Medido	457738.515	4432042.339	637.475	585.995	0.044	0.058	0.073
RELL0223	Medido	457745.539	4432034.043	638.404	586.923	0.061	0.013	0.062
RELL0208	Medido	457722.753	4432033.663	637.454	585.973	0.056	0.020	0.059
EDIF0092	Medido	457791.952	4432040.083	638.796	587.314	0.034	0.033	0.047

Las precisiones alcanzadas de los puntos de apoyo (puntos promediados) se muestra a continuación.





**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**



Id de pui	Clase de	X local	Y local	Alt. Elip.	Alt. ortom	Desv. Est.	Q Posic.	Pos. + Q A
GCP01	Promediado	457698.948	4432093.497	629.515	578.035	0.008	0.005	0.010
GCP02	Promediado	457738.700	4432087.869	633.694	582.214	0.008	0.005	0.009
GCP03	Promediado	457781.803	4432092.534	635.379	583.899	0.008	0.005	0.010
GCP04	Promediado	457825.843	4432082.994	638.721	587.241	0.008	0.005	0.009
GCP05	Promediado	457698.893	4432061.912	631.507	580.027	0.008	0.005	0.010
GCP06	Promediado	457761.626	4432078.001	634.762	583.282	0.008	0.005	0.010
GCP07	Promediado	457735.985	4432055.213	636.894	585.414	0.008	0.005	0.010
GCP08	Promediado	457799.736	4432061.231	636.733	585.252	0.008	0.006	0.010
GCP09	Promediado	457826.061	4432051.350	640.152	588.671	0.008	0.006	0.010
GCP10	Promediado	457778.691	4432039.535	638.171	586.690	0.008	0.006	0.010
GCP11	Promediado	457721.859	4432032.747	637.283	585.802	0.009	0.005	0.010
GCP12	Promediado	457825.735	4432032.858	639.468	587.986	0.008	0.005	0.010
GCP13	Promediado	457701.989	4432030.126	637.004	585.523	0.008	0.005	0.010
GCP14	Promediado	457741.615	4432011.098	637.188	585.707	0.008	0.005	0.009
GCP15	Promediado	457794.845	4432014.557	637.319	585.837	0.008	0.005	0.009
GCP16	Promediado	457695.367	4432003.852	630.289	578.808	0.008	0.006	0.010
GCP17	Promediado	457774.815	4431993.165	632.345	580.863	0.009	0.006	0.011
GCP18	Promediado	457828.340	4432000.361	637.142	585.660	0.008	0.005	0.009

*Precisiones alcanzadas de los puntos de apoyo.*





## *7. PROCESADO DEL VUELO*

---



## 7. PROCESADO DEL VUELO

### 7.1. Proceso fotogramétrico.

En anexos (14.6) se adjunta una descripción de los pasos que se han realizado para este proceso en Pix4d, se puede tomar como guía para trabajos parecidos, aunque serán necesarias algunas modificaciones en los parámetros escogidos, dependiendo del tipo de trabajo o tipología de vuelo. Además de otras posibles modificaciones en relación a las futuras versiones del software.

A continuación, se menciona de manera somera los fundamentos de dicho proceso.

El proceso fotogramétrico que lleva a cabo Pix4D se basa en la aerotriangulación o triangulación aérea automática mediante el ajuste simultáneo del bloque de haces de rayos o (Bundle Block Adjustment).

En teoría, el ajuste de todo el bloque puede ser realizado teniendo solamente 3 puntos de apoyo (sin tener datos de orientación externa de las imágenes).

Por lo que será necesaria la orientación relativa de las imágenes individuales del bloque. Para este propósito se necesitan puntos de enlace (puntos con coordenadas terreno, desconocidas que aparecen en dos o más imágenes) estos puntos, pueden ser identificados, de manera manual o de manera automática (mediante correlación automática, o mediante algoritmos usados en visión artificial basados en descriptores binarios).

Realizando este proceso, se obtienen los parámetros ajustados de la orientación interna (reconstrucción de la forma del haz perspectivo) y de la orientación externa (Reconstrucción de la posición en el espacio de los haces perspectivos obtenida mediante resección espacial).

Habiendo realizado lo anterior se lleva a cabo la restitución (manual) o densificación de la nube de puntos (automático). Mediante la intersección directa de rayos homólogos.

A continuación, se muestra los resultados de algunos de esos parámetros:

<input type="radio"/> Anchura de la Imagen [píxel]:	4000	<input checked="" type="radio"/> Anchura del Sensor [mm]:	6.3175
Altura de la Imagen [píxel]:	3000	Altura del Sensor [mm]:	4.73812
Longitud Focal [píxel]:	2285.71	Tamaño del Píxel [µm]:	1.57937
Punto Principal x [píxel]:	2000	Longitud Focal [mm]:	3.61
Punto Principal y [píxel]:	1500	Punto Principal x [mm]:	3.15875
		Punto Principal y [mm]:	2.36906
Modelo de Cámara con Distorsiones:	5		
Distorsión Radial R1:	0	Distorsión Tangencial T1:	0
Distorsión Radial R2:	0	Distorsión Tangencial T2:	0
Distorsión Radial R3:	0		

*Parámetros internos iniciales.*

<input type="radio"/> Anchura de la Imagen [píxel]:	4000	<input checked="" type="radio"/> Anchura del Sensor [mm]:	6.31748
Altura de la Imagen [píxel]:	3000	Altura del Sensor [mm]:	4.73811
Longitud Focal [píxel]:	2378.15	Tamaño del Píxel [µm]:	1.57937
Punto Principal x [píxel]:	2018.93	Longitud Focal [mm]:	3.75598
Punto Principal y [píxel]:	1433.23	Punto Principal x [mm]:	3.18864
		Punto Principal y [mm]:	2.26361
Modelo de Cámara con Distorsiones:	5		
Distorsión Radial R1:	0.00253357	Distorsión Tangencial T1:	-0.00015774
Distorsión Radial R2:	-0.0103868	Distorsión Tangencial T2:	5.41809e-05
Distorsión Radial R3:	0.00582254		

*Parámetros internos ajustados. También disponible en el informe. Último punto de anexos.*

**PPA 4704600 (Punto de paso automático)**

Número de imágenes con marcas en: 3  
 Número de imágenes visible en: 107  
 $S_0^2$ [píxel]: 3.157  
 Error teórico S (X,Y,Z) [m]: 0.015, 0.019, 0.036  
 Distancia Ortogonal Máxima al Haz D(X,Y,Z) [m]: -0.027, -0.000, 0.001  
 Posición calculada[m]: 457743.278, 4432074.261, 635.435



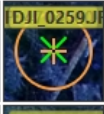
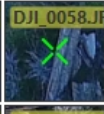


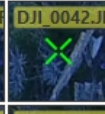
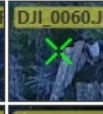
[Ayuda](#)

---

**Imágenes**

Tamaño de la imagen:  Nivel de zoom:

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

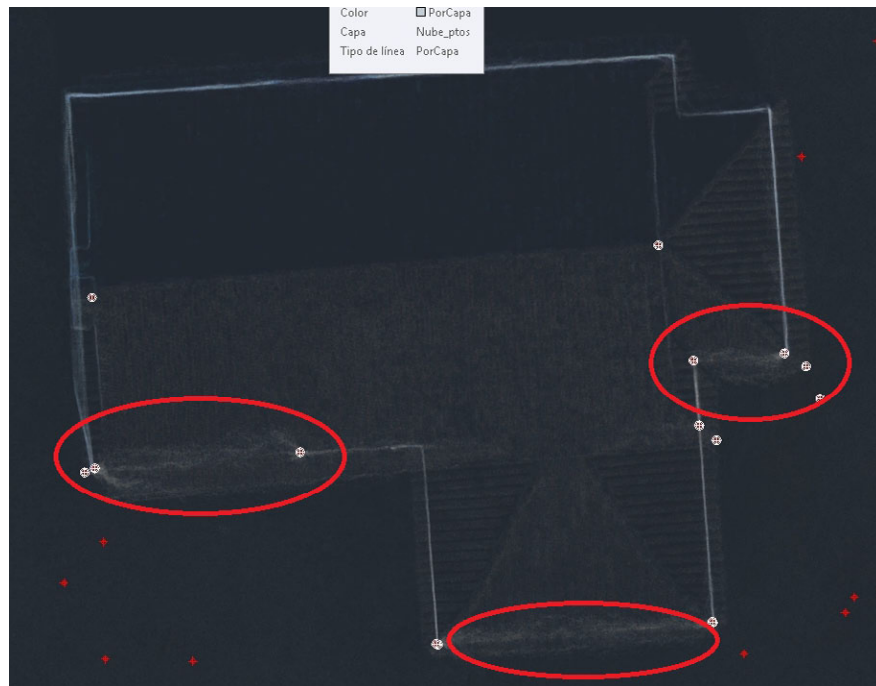
*Punto de enlace automático una vez calculadas sus coordenadas terreno.*

## **7.2. Discusión de resultados del procesado del vuelo.**

Uno de los problemas que se han encontrado tras la ejecución del vuelo, ha sido la obtención de pocos puntos en la fachada sur de la Iglesia, esto es debido a la imposibilidad del software de identificar puntos homólogos debido al color uniforme e intensidad del sol en dicha fachada. (Inclinación del sol  $< 40^\circ$  sobre el horizonte y fachada de color blanco)



*Imagen en la que se observa la uniformidad del color en la fachada sur de la iglesia.*



*Transparencia donde se observa la imprecisión de los puntos de la fachada sur en las zonas destacadas.*

Debido a lo anterior se producían orificios en la malla de triangular en dicha zona, esto se solucionó gracias a la división de la nube de puntos, anterior a la creación de la malla 3D.



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

---

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**





## *8. PRECISIÓN ALCANZADA*

---



## 8. PRECISIÓN ALCANZADA.

Para analizar la precisión alcanzada, se ha realizado mediante dos métodos.

### 8.1. Precisión obtenida mediante puntos de control

El primero ha consistido en introducir varios de los puntos de apoyo, como puntos de control, por lo tanto, el software no los utilizará para geoposicionar el modelo y por tanto nos mostrará unos residuos, correspondientes a los incrementos de coordenadas entre los puntos de control y su posición en el modelo.

Se muestra el resultado en la siguiente imagen:

Check Point Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X[m]	Error Y[m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
GCP6	0.0100/0.0200	-0.0029	0.0029	0.0629	0.8257	112 / 112
GCP7	0.0100/0.0200	-0.0152	-0.0004	0.0061	0.7891	107 / 108
GCP8	0.0100/0.0200	-0.0053	-0.0015	0.0648	0.8974	99 / 99
GCP14	0.0100/0.0200	-0.0158	-0.0024	-0.0126	0.8496	100 / 100
GCP15	0.0100/0.0200	-0.0059	-0.0128	0.0317	1.0029	95 / 95
Mean [m]		-0.009003	-0.002870	0.030583		

Sigma [m]		0.005388	0.005292	0.030617		
RMS Error [m]		0.010492	0.006020	0.043275		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

*Residuos de los puntos de control.*

Tal y como se muestra en la imagen anterior precisión de los puntos de control en planimetría están entorno al centímetro, y en altimetría, aumentan hasta los 4 centímetros.



## 8.2. Control de calidad mediante GNSS y topografía clásica.

Para el segundo método se ha realizado una comparación entre el levantamiento fotogramétrico mediante dron y el levantamiento mediante GNSS y Topografía clásica. Para ello se realizará la comparación en dos partes diferenciadas.

### 8.2.1. Planimetría.

Realizado mediante la comparación de los puntos GNSS y Estación total contra la ortofotografía y la nube de puntos. Ya que, debido al estado ruinoso del despoblado, se ha observado en campo que varias de las fachadas y paredes están deformadas además del ocultamiento de las fachadas en la ortofotografía debido a las cornisas, por lo tanto, ha sido necesario volver al campo para realizar el levantamiento mediante topografía clásica. Para ello se han utilizado 2 trípodes, una estación total Leica TCR705 con medición de distancias sin prismas y diana reflectante sobre centrado forzado.



*Fachada inclinada en estado ruinoso y estación total durante el control de calidad.*

Para analizar los resultados se adjunta en anexos un mapa a escala 1:250, en el que en cada punto levantado mediante GNSS Y RTK estará destacado con un elipsoide con las tolerancias de la escala 1:500 (escala a analizar) para compararlo con la nube de puntos que se ha dejado con una transparencia para comprobar cada uno de los puntos.

Tras el análisis planimétrico de los puntos en el mapa digital, se ha observado que todos los puntos entran dentro de la tolerancia planimétrica, aquellos en los que se ha detectado menor precisión están en torno a los 9 cm.



Se muestran los puntos con menor precisión planimétrica, el radio de los círculos rojos es de 10 cm.

### **8.2.2. Altimetría.**

Realizado mediante la comparación de los puntos GNSS y el modelo digital del terreno, generado automáticamente por Pix4d. Esta parte ha sido realizada en el software MDTopX. Los puntos que exceden la tolerancia altimétrica se muestran en el mapa anteriormente mencionado, indicando la diferencia de altura (MDT-GNSS) en color rojo. Además, se adjunta en anexos el listado de los puntos comparados junto con sus diferencias, los que se muestra a continuación es el resumen de dicha comparación.



Los resultados son los siguientes:

Resumen:			
Media de las diferencias	-0,05	√- En relación al nº total de puntos	√- En relación al número de puntos erróneos
Desviación típica	0,10		
Valor máximo	0,54		
Valor mínimo	-0,69		
Puntos comparados	474		
Puntos erróneos	72	15,2%	
Numero de errores positivos	4	0,8%	5,6%
Media de errores positivos	0,39	m	
Número de errores negativos	68	14,3%	94,4%
Media de errores negativos	-0,23	m	

Se observa que el número de puntos erróneos es del 15,2%, un valor muy alto, pero que si nos detenemos a analizar con mayor detenimiento, observamos que casi la totalidad, (todos menos 4) son negativos, es decir, los puntos GNSS están por debajo del Modelo Digital del Terreno, se puede observar en el mapa que todos los puntos con errores, no se producen donde el terreno esta descubierto, por lo tanto los errores son debido a la vegetación baja de tipo matorral en la gran mayoría de los puntos, por lo tanto estos errores se podrían solventar, generando el Modelo Digital del Terreno, con puntos clasificados manualmente como puntos del suelo, debido a que esto conllevaría una cantidad de tiempo muy grande, no se ha realizado, la solución ideal, seria mejorar los algoritmos de clasificación automática, y por tanto, que el software no interpolase el MDT con puntos que pertenecen a arbustos.

De todos los errores que se muestran cabe destacar dos situaciones distintas a lo anteriormente comentado, zonas de líneas de ruptura bastante pronunciadas al este del municipio. Y la vaguada situada al noroeste, cuya zona más baja, se observó en campo que estaba relleno de matorrales secos del tipo estepicursor, hundiéndose el jalón del equipo GNSS, para alcanzar el terreno.



Debido a la situación anterior donde es imposible obtener puntos del terreno mediante sensores pasivos (cámara fotográfica). Toda solución a este problema sería interpolada o no obtenida por medición, por lo que en este caso la única solución al problema sería el uso de técnicas que usan sensores activos, como en el caso del LIDAR aerotransportado.

Se adjunta en el Mapa, una visión oblicua del arroyo mencionado (Esquema nº 3). Donde se observan los elipsoides prolatos que muestran la tolerancia de la escala 1:500, ocultos por puntos de la nube. En contraposición se muestran los puntos que cumplen la tolerancia en el camino situado a su izquierda.

Cabe destacar que estos errores están en el modelo digital del terreno y no en el modelo digital de superficies.



## 9. ANÁLISIS DE SOFTWARE 3D

---

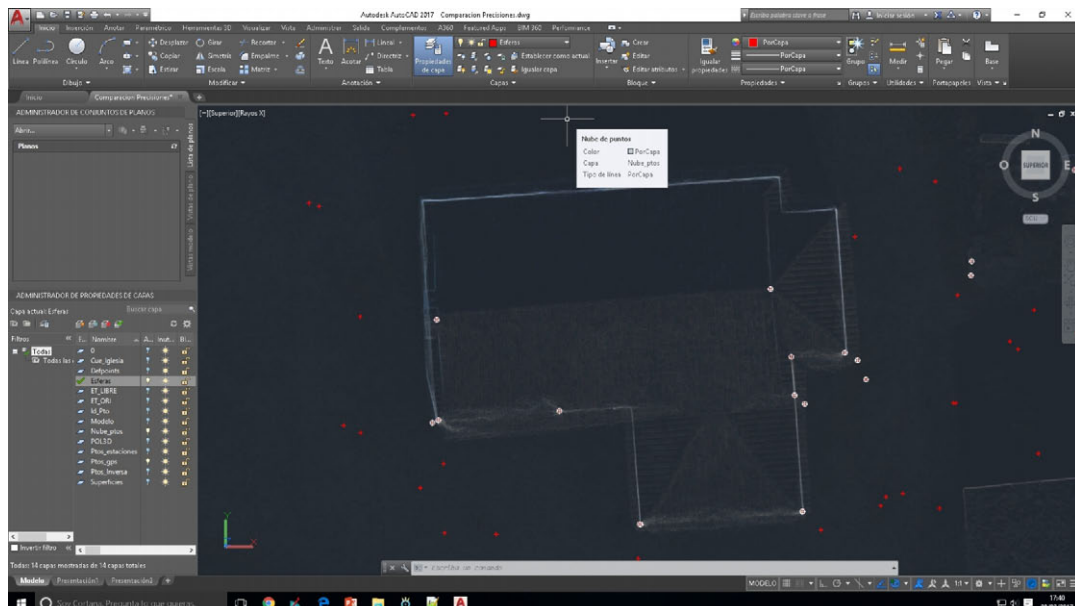
## 9. ANÁLISIS DE SOFTWARE 3D

Para la realización del proyecto, se han usado varios softwares, de los cuales se va a realizar un pequeño estudio.

### 9.1. Autodesk Recap 360 y Autodesk Autocad 2018

La Aplicación Autodesk Recap 360 se ha utilizado para crear un archivo propietario de Autodesk, con extensión. \*.rcp que contiene la nube de puntos, generada a partir de datos de LiDAR o fotogrametría, en este caso se ha importado un archivo \*.las.

En Autocad, se pueden importar las nubes de puntos a partir de ficheros con extensión. rcp de Autodesk Recap 360, lo que permite visualizar la nube de puntos y crear secciones de ella para poder visualizar zonas interiores, además permite modificar el tamaño de los puntos y poner transparencia a la nube de puntos. Hecho que ha sido de gran utilidad en este proyecto.



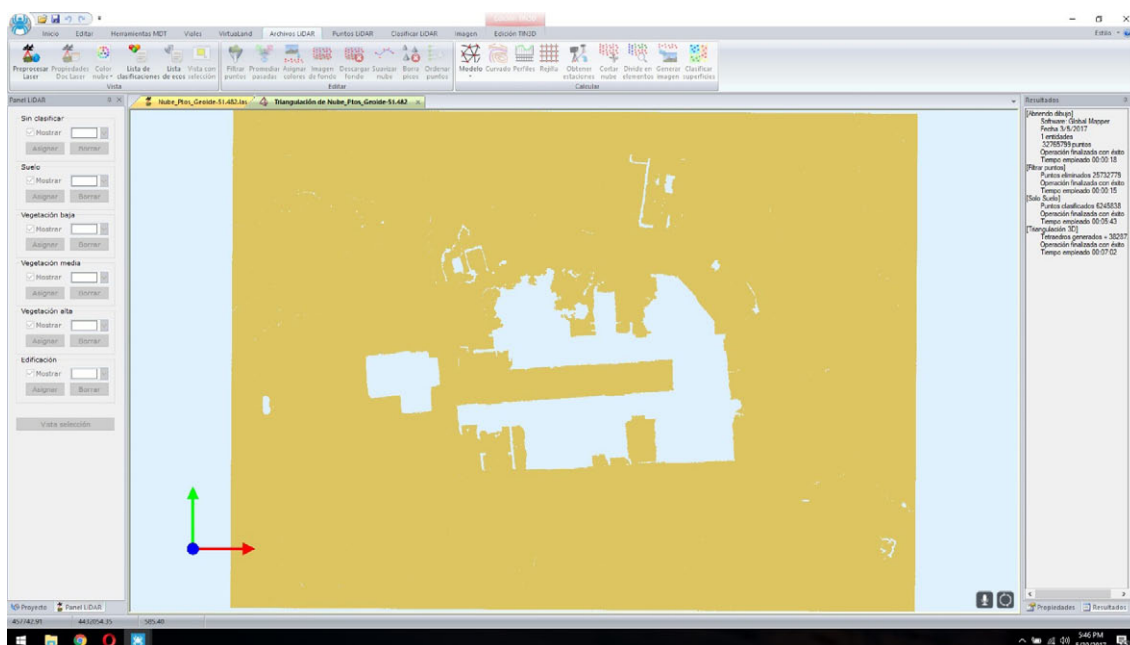
*Vista de Autocad con la nube de puntos con transparencia aplicada en donde se aprecian las fachadas de la iglesia (en blanco).*



## 9.2. MDTopX.

Software de la empresa digi21, especializado en el uso de las nubes de puntos para fines topográficos, entre otros permite la clasificación de las nubes de puntos con algoritmos especializados para LiDAR, además de la creación de modelos tridimensionales con texturas, creación de modelos digitales, y curvas de nivel además de la capacidad de realizar transformaciones, y la capacidad de proyectar puntos sobre modelos digitales, para control de calidad.

En este proyecto se han mencionado las tres últimas capacidades mencionadas.

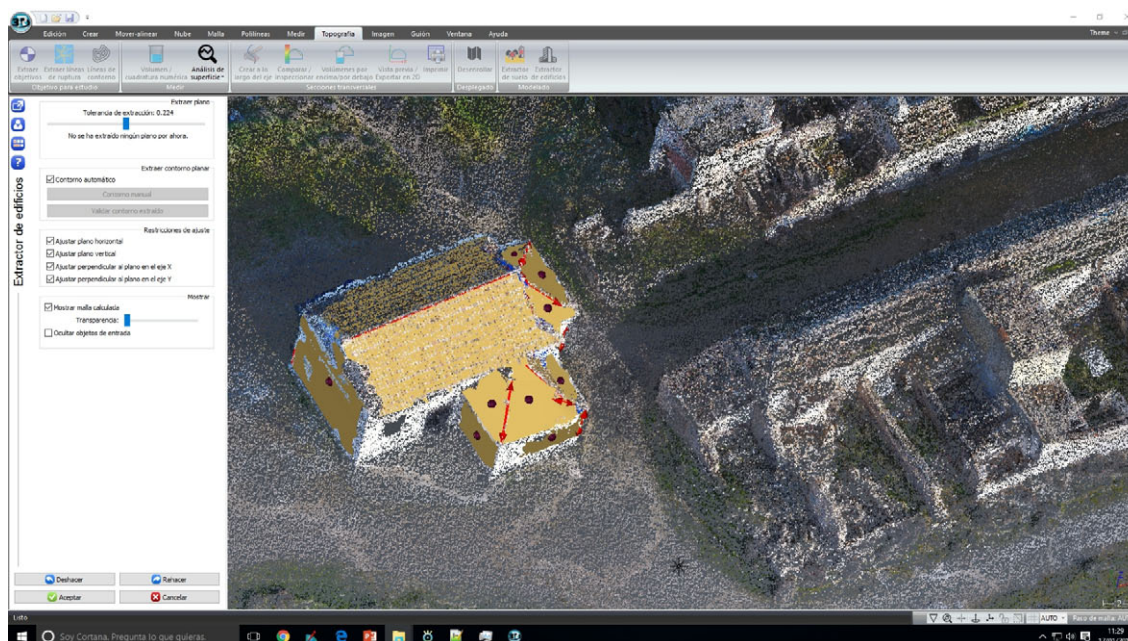


*Triangulación del modelo digital del terreno, para la posterior generación de las curvas de nivel.*

### 9.3.3d Reshaper

Software especializado en el tratamiento de nubes de puntos y mallas tridimensionales, con varios fines. Entre otros cabe destacar la capacidad de extracción de primitivas geométricas a partir de datos de la nube de puntos, lo que se conoce como ingeniería inversa.

Se realizaron varias pruebas de extracción de primitivas geométricas para la posterior exportación al videojuego, este paso habría permitido, un menor tamaño de la malla tridimensional al estar compuesta por menos caras triangulares, pero realizando este paso se eliminaría, en parte, el efecto realista del despoblado, por lo que no se acabó realizando.



*Extracción de primitivas geométricas en la iglesia*

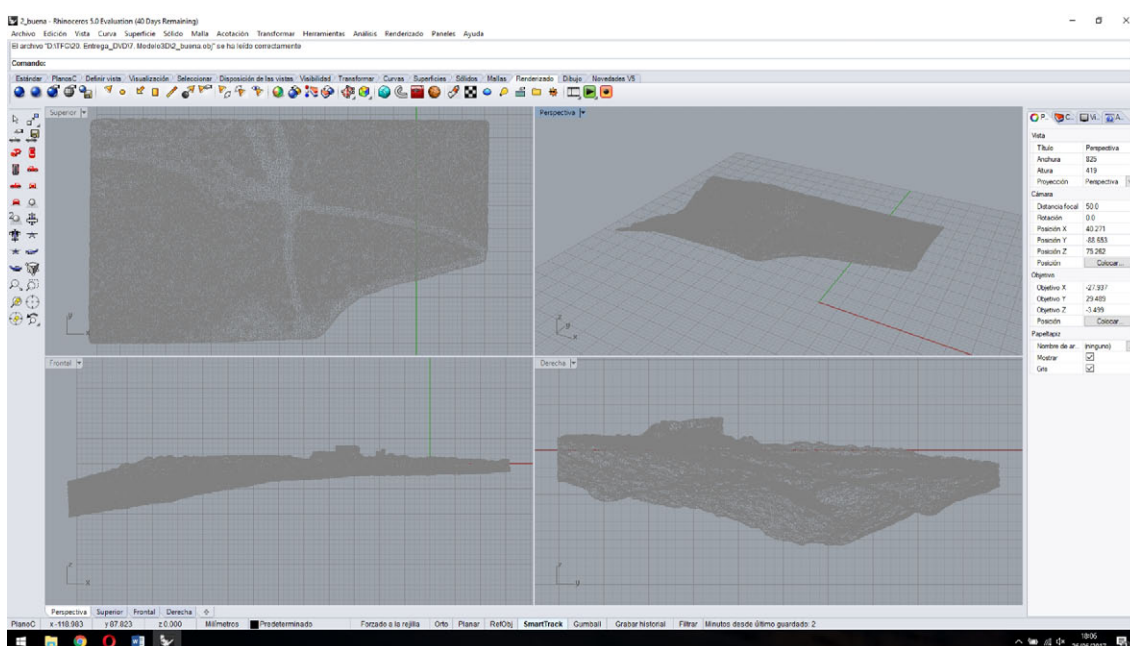
*(los tejados reales son cóncavos, debido a esfuerzos de flexión, no son planos como las primitivas geométricas que observa en esta extracción)*



## 9.4. Rhinoceros

Software similar a Autocad Autodesk, pero que a diferencia de éste se le pueden añadir los archivos de malla triangular para su edición.

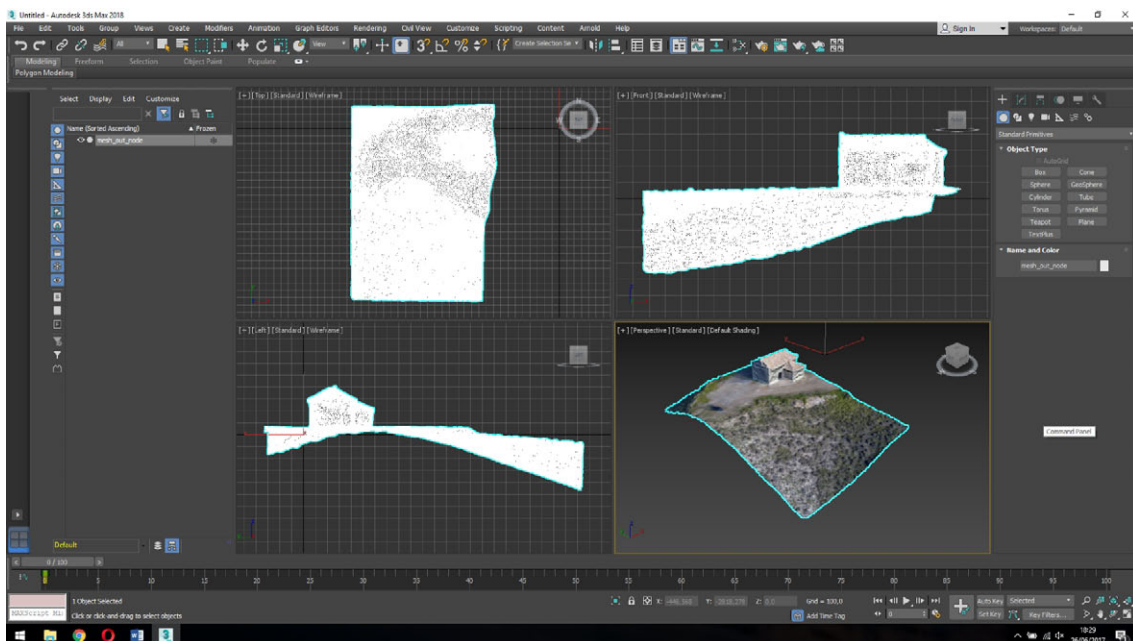
Hay que destacar en este software, la cantidad de formatos que soporta tanto para la importación como la exportación, entre otros, los formatos propietarios de SketchUp y Google Earth, debido a esta funcionalidad de importación y exportación se ha usado este software para este proyecto.



*Visualización de una parte de la malla 3d en Rhinoceros.*

### 9.5. 3ds Max 2018

Software de la empresa Autodesk, enfocado a los modelos tridimensionales para el uso en videojuegos, cinematografía y realidad virtual, cabe destacar todas las funcionalidades que tiene entre otras el renderizado, debido a lo anterior, el uso de este software es complejo.

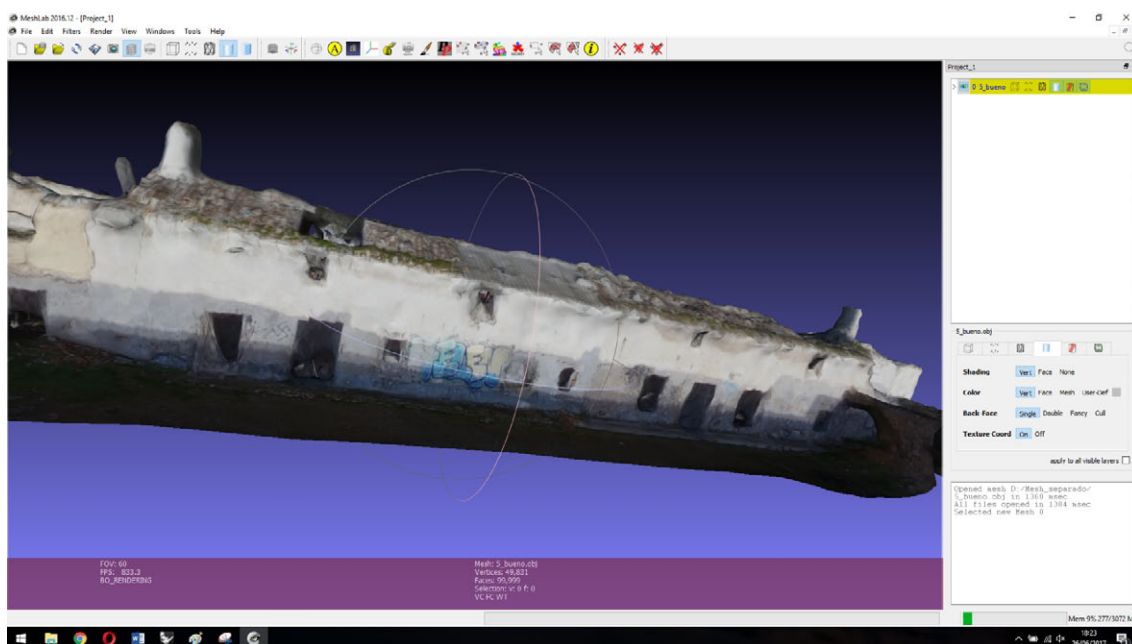


*Visualización de una parte de la malla 3D en 3D MAX 2018.*



## 9.6. Meshlab

Software de libre distribución, especializado en el procesado y edición de mallas triangulares, entre otras funcionalidades permite el relleno de huecos en las mallas y la reducción de ruido.

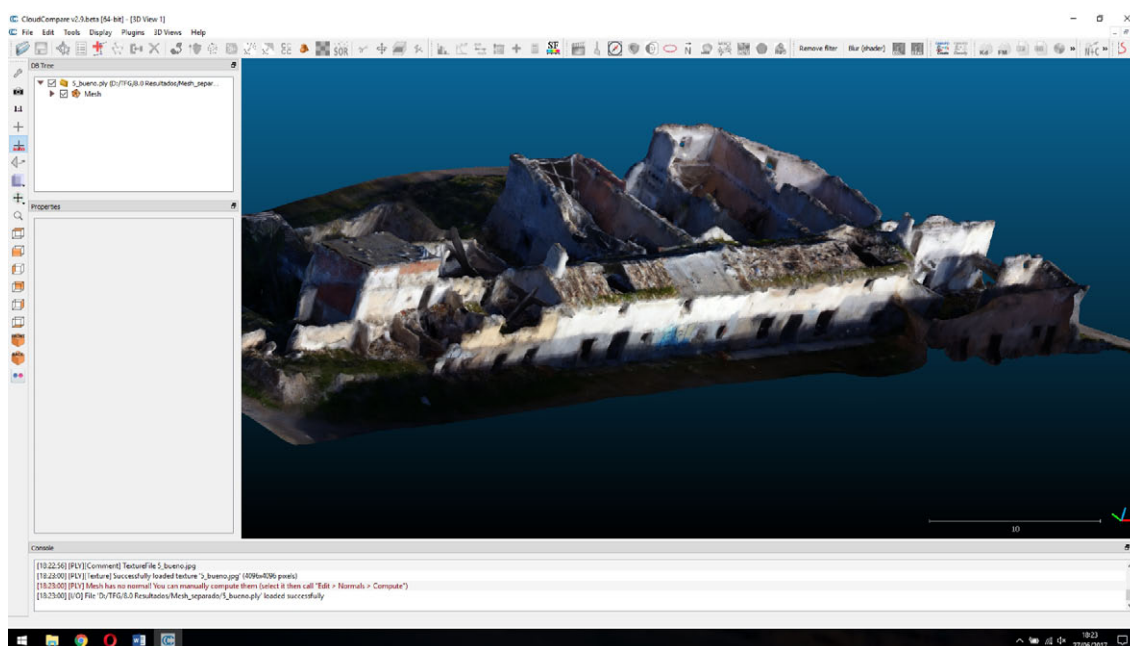


*Visualización de una parte de la malla 3D en Meshlab.*

## 9.7. CloudCompare

Aplicación de libre distribución, para el procesamiento de nubes de puntos 3d que también permite modelos 3D de malla triangular, permite a su vez la importación y exportación de algunos de los formatos más usados en este ámbito.

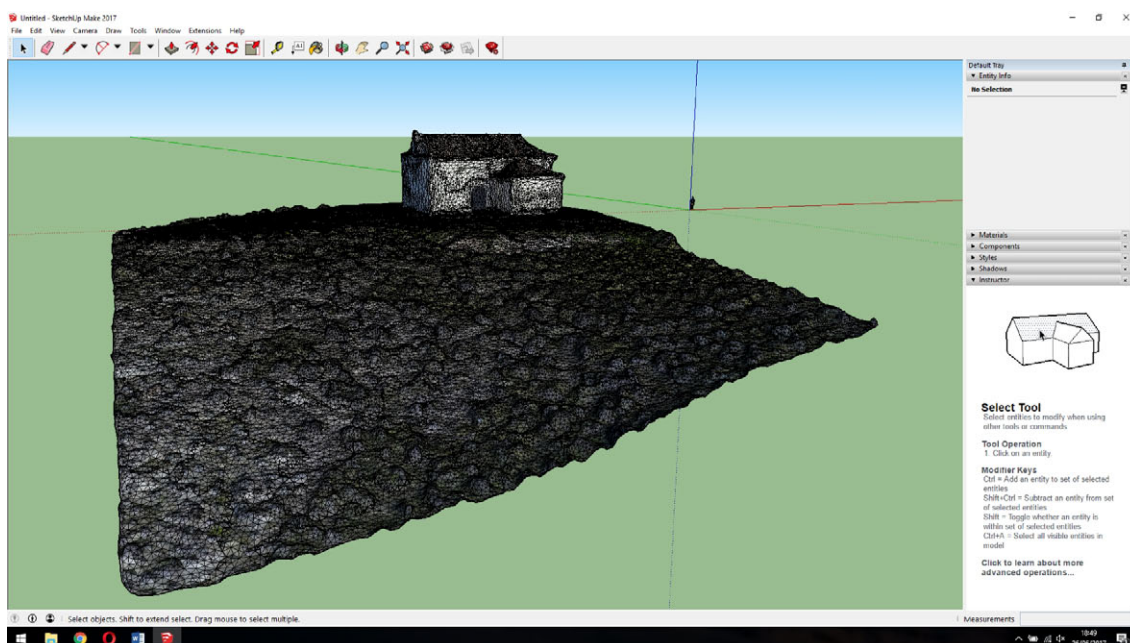
Tiene a su vez varios algoritmos para el registro, remuestreo, aplicación de colores, cálculo de normales, cálculo de estadísticas, segmentación interactiva y mejora de la visualización entre otros.



*Visualización de una parte de la malla 3D en CloudCompare.*

## 9.8. Sketchup

Aplicación en origen creada por Google, para la creación de modelos tridimensionales de manera sencilla por el público en general, para la publicación de dichos modelos en Google Earth, hoy en día es propiedad de la empresa Trimble, pero debido a su origen permite exportar en formatos \*.kmz lo que permite la total compatibilidad con Google Earth. Además de permitir geolocalizar los modelos de manera aproximada, de manera visual, mediante servicios de mapas online.



*Visualización de una parte de la malla 3D en Sketchup.*



Software	Ventajas	Desventajas	Enfocado a
Autodesk Recap y Autocad	Software ampliamente usado Permite la integración de nubes de puntos grandes para su visualización incluyendo la posibilidad de aplicar transparencia.	Solo permite la visualización de las nubes de puntos, no deja posarse sobre los puntos de esta o su modificación.	Ingeniería, dibujo 3D, visualización de nubes de puntos y de imágenes ráster.
MDTopX	Soluciones enfocadas a topografía y a la fotogrametría.	Limitación de formatos de importación y exportación.	Topografía, Fotogrametría LiDAR y Mobile Mapping.
3d Reshaper	Facilidad de uso, Con funciones específicas para topografía.	Problemas a la hora de rellenar huecos. Inversión de caras triangulares.	Ingeniería inversa y extracción de primitivas geométricas
Rhinoceros	Gran cantidad de formatos de importación y exportación. Uso intuitivo	Lentitud con nubes de puntos grandes.	Dibujo 3d y Modelos tridimensionales
3ds Max 2018	Enfocado en la renderización realista de modelos tridimensionales Variedad de formatos de exportación.	Complejidad de uso para usuario medio.	Generación de entornos realistas para videojuegos y efectos especiales.
Meshlab	Software libre. Usa los formatos más usados actualmente.	No tan enfocado a nubes de puntos.	Modelos 3D. Impresión en 3D.
CloudCompare	Software libre. Fluidez con nubes de puntos muy grandes.	No tan enfocado al tratamiento de modelos 3D.	Nubes de puntos.
Sketchup	Exportación a KMZ. <i>Uso intuitivo.</i>	Límite de Tamaño de archivos, para un uso fluido.	Dibujo 3D y Exportación a KMZ



## *10. INTEGRACIÓN EN ENTORNOS VIRTUALES*

---





## **10. INTEGRACIÓN EN ENTORNOS VIRTUALES**

En este apartado, se muestran dos de los múltiples productos, (con valor añadido) que no se conocen masivamente del uso de estas tecnologías. Las cuales son la publicación del modelo tridimensional mediante Globos Virtuales, como Google Earth o mediante la integración en un Videojuego como escenario basado en la realidad.

A continuación, se procede a mostrar cuales han sido los pasos para la realización de dichos productos.

Cabe destacar, que la realización de estos dos puntos es solo como una muestra y no como un producto terminado, ya que por ejemplo en el videojuego está ausente de bots o personajes autónomos a los que atacar. El caso del modelo en Google Earth, está desfasado en altura para poder mostrar el modelo tridimensional por encima del relieve con menor definición del propio globo virtual y minimizar la intersección de ambos modelos. Además, el parámetro de altura se puede modificar una vez cargado el archivo \*.kmz en el propio Google Earth.

Esto serviría, por ejemplo, para abrir un campo nuevo en el mercado para la topografía, en el que mediante estas técnicas se realice un levantamiento de campos de batalla de airsoft o paintball, para posteriormente, ofrecer el juego en línea gratuito como experiencia de prueba “casi real sobre el terreno” y así poder atraer más jugadores a un campo o empresa en particular por tener esta ventaja competitiva frente a los demás.

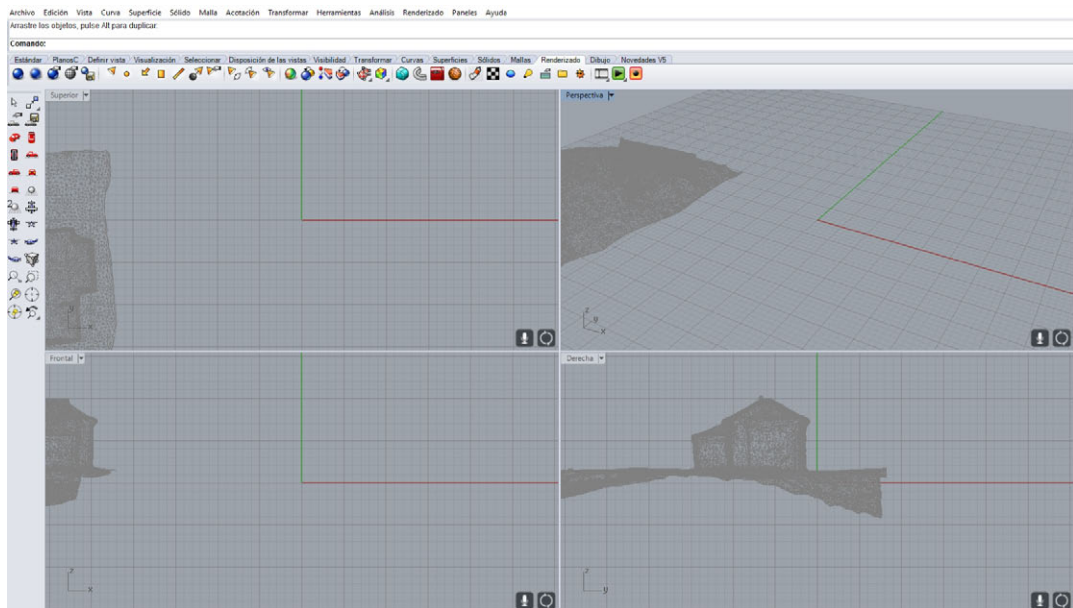
Hay que comentar que las personas que se vean motivadas a visitar el despoblado de Oreja, después de ver alguno de los resultados aquí expuestos, lo realizará bajo su propia responsabilidad, ya que el sitio no es totalmente seguro de visitar debido, entre otras causas, al estado ruinoso de las construcciones.





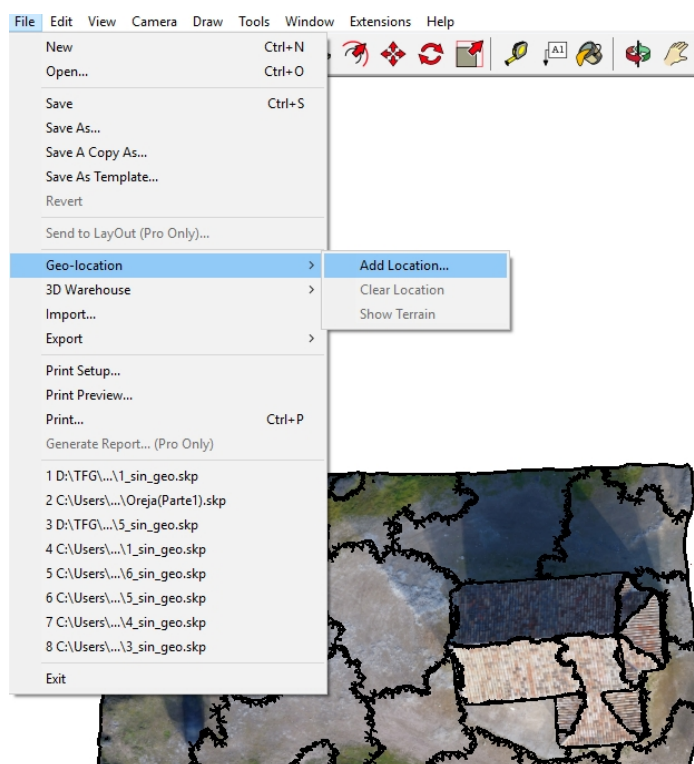
## 10.1. Creación de archivos kmz para Google Earth

Para la creación de los archivos KMZ, se importa los archivos de malla tridimensional en el software Rhinoceros, el cual acepta una gran variedad de extensiones, entre los cuales se encuentran \*.ply \*.obj \*.fbx etcétera.



*Modelo tridimensional en Rhinoceros.*

Tras esto se procede a exportar los modelos en formato SketchUp o con extensión \*.skp  
Se procede ahora a abrir el archivo \*.skp para realizar una geolocalización aproximada  
basándose en servicios de mapas online.



*Geolocalización del archivo \*.skp*

Realizada la geolocalización, se exportan los ficheros, en formato \*.kmz.

Una vez realizado esto, se verifica el contenido del archivo kmz, descomprimiéndolo,  
ya que se trata de un archivo \*.kml comprimido en zip.

Observamos que existe una carpeta que cuenta con el modelo tridimensional en formato  
collada \*.dae y su textura asociada en formato \*.jpg y fuera de dicha carpeta un archivo  
\*.kml en el que se encuentra la asociación a los archivos anteriores además de los  
parámetros de geolocalización y observación del modelo.



Parámetros que se modificarán para realizar la geolocalización precisa del modelo.  
Además de poder rellenar otra información.

```
</StyleMap>
<Placemark>
  <name>Oreja</name>
  <description>Despoblado de Oreja (Toledo)

Realizado por
Álvaro Lendínez Maqueda</description>
  <LookAt>
    <longitude>-3.494847980941954</longitude>
    <latitude>40.0374338408936</latitude>
    <altitude>0</altitude>
    <heading>-64.04255378785389</heading>
    <tilt>76.52177877310568</tilt>
    <range>172.2736027015738</range>
    <gx:altitudeMode>relativeToSeaFloor</gx:altitudeMode>
  </LookAt>
  <styleUrl>#default</styleUrl>
  <Model id="model_1">
    <altitudeMode>relativeToGround</altitudeMode>
    <Location>
      <longitude>-3.495082425</longitude>
      <latitude>40.0375830583333</latitude>
      <altitude>-2</altitude>
    </Location>
    <Orientation>
      <heading>-0.35</heading>
      <tilt>0</tilt>
      <roll>0</roll>
    </Orientation>
    <Scale>
      <x>1</x>
      <y>1</y>
      <z>1</z>
    </Scale>
    <Link>
      <href>files/untitled.dae</href>
    </Link>
    <ResourceMap>
      <Alias>
        <targetHref>texture.jpg</targetHref>
        <sourceHref>untitled/texture.jpg</sourceHref>
      </Alias>
    </ResourceMap>
  </Model>
</Placemark>
</Document>
</kml>
```

*Vista del documento \*.kml con formato equivalente a xml.*

Debido a que todas las partes del modelo están referidas al mismo origen relativo, en todos los archivos se introducen las mismas coordenadas en formato latitud y longitud que pertenecen a este origen, de manera equivalente se procede con los demás parámetros, como escala orientación y altitud que como se visualiza en la imagen anterior es relativa al suelo del modelo existente en el globo virtual Google Earth.

Una vez realizado lo anterior en cada uno de los archivos. Ya se puede visualizar de forma correcta en Google Earth.



*Vista aérea del modelo 3D de Oreja superpuesto al existente en Google Earth.*



*Visualización a ras de suelo en Google Earth.*



## 10.2. Integración del modelo 3d en un videojuego

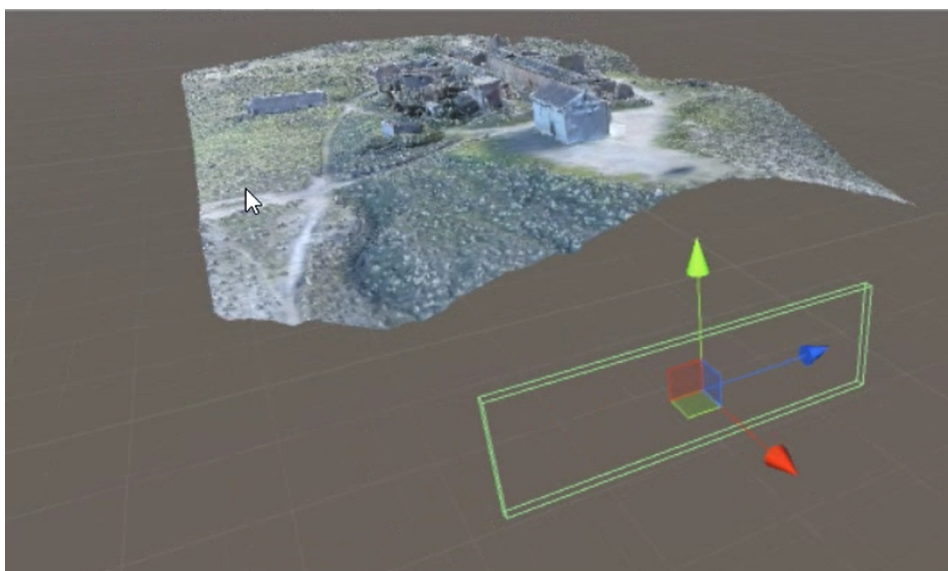
La integración del modelo tridimensional en un videojuego como escenario basado en la realidad, se ha realizado mediante Unity dentro de la plataforma de desarrollo de Visual Studio 2017.

Para la creación del videojuego se parte de un proyecto nuevo, en el que se le importan todos los modelos tridimensionales, en formato \*.fbx, formato que reconoce automáticamente.

Tras la importación, se puede observar que la calidad de la malla es ligeramente inferior a la de Google Earth.

Para que el modelo recién cargado no sea traspasable por el personaje, a cada uno de los modelos se le añade un mesh collider (colisionador de malla), esto sirve para que el motor de físicas detecte la malla como un objeto sólido y no pueda ser traspasado por el personaje, por lo que, al dejar caer al personaje, éste, no lo traspasará.

Además de esto se insertan 4 colliders (colisionadores), u objetos físicos los cuales se les puede modificar la geometría para que actúen de barrera, para impedir que el personaje se salga del paisaje y se caiga al vacío.



*Inserción de uno de los colliders como barrera.*

Después de lo anterior, se añade un personaje con su propio collider, este definido por un cono, en primera persona, con su cámara asociada, al que habrá que modificar

parámetros de posición, ángulos tanto del personaje como de la cámara, relativo al personaje. Esto permitirá que la visualización sea correcta y permita ver hacia donde se dirige en todo momento, y no como si estuviéramos mirando a la derecha mientras avanzamos.



*En las imágenes anteriores, se aprecia que las posiciones y actitudes iniciales del personaje (cilindro verde y la cámara asociada) son distintas.*

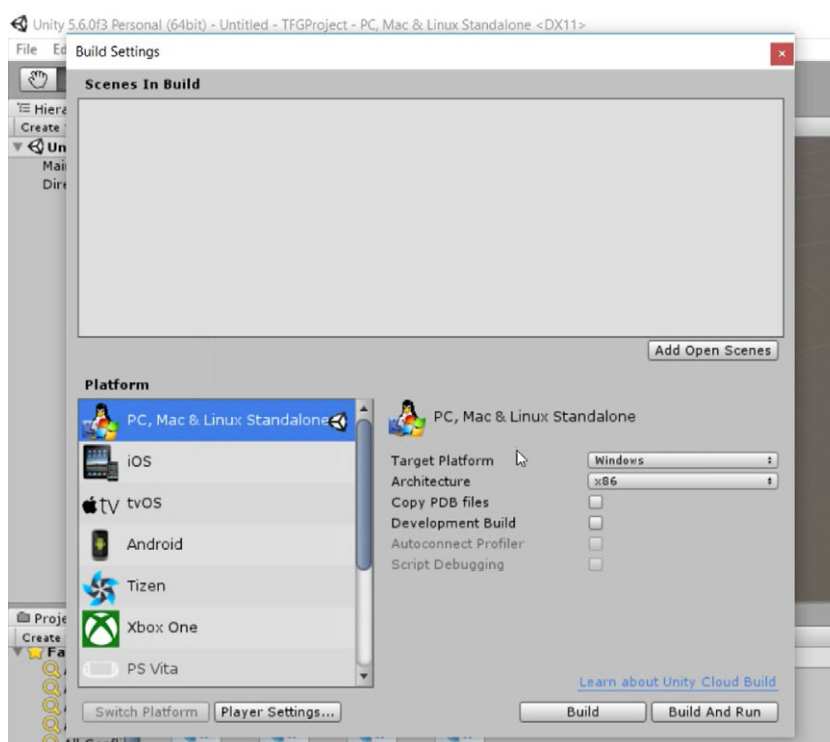


En el código del controlador del personaje solo hace falta introducir un par de líneas de código para que reconozca la tecla de escape, con el fin de salir del videojuego en el caso de estar ejecutándolo a pantalla completa.

```
60
61 // Update is called once per frame
62 private void Update()
63 {
64     if (Input.GetKeyDown(KeyCode.Escape))
65     {
66         Application.Quit();
67     }
68 }
```

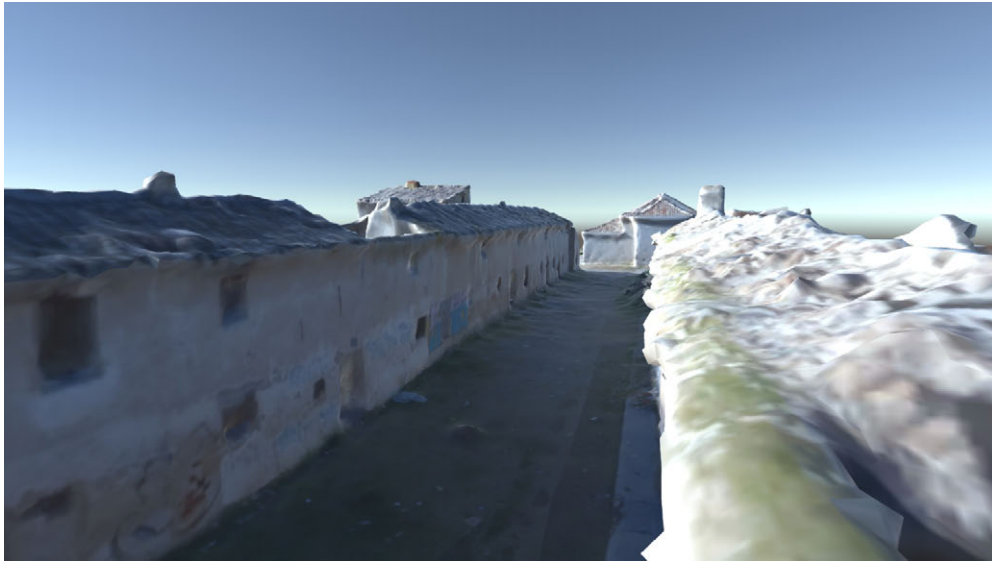
*Código necesario para salir del videojuego al presionar la tecla Escape.*

Para la creación del Build y sus respectivos archivos entre otros el \*.exe se presiona en Build/Build\_settings, seleccionamos la plataforma en la que se ejecutara el videojuego, en nuestro caso Pc.

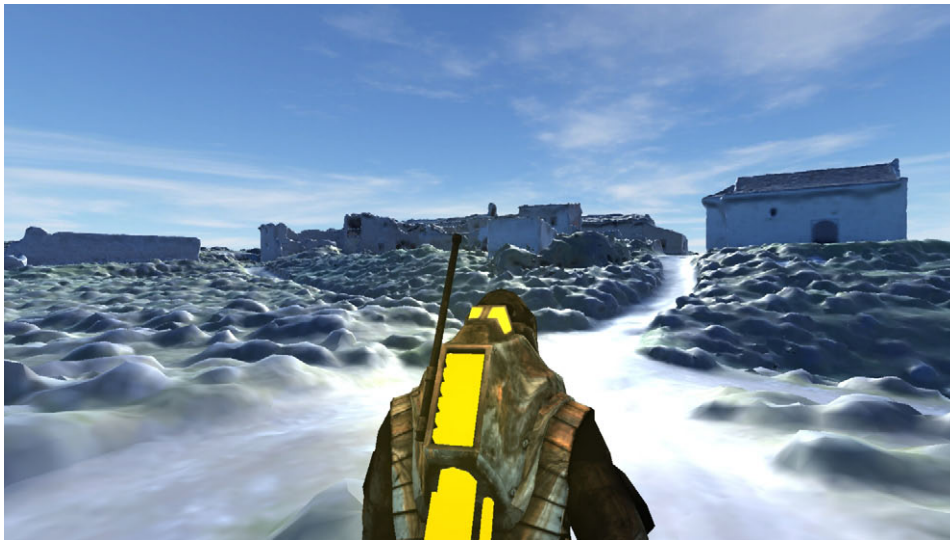


*Ventana de Build Settings*

Tras esto ya obtenemos los archivos del videojuego junto con el \*.exe que es el archivo que se ejecutará para jugar.



*Vista del Videojuego en primera persona.*



*Vista de la Build 2, con cielo y personaje visible.*





## *11. PRESUPUESTO*

---



## 11.PRESUPUESTO.

En este apartado se detallan los costes de este trabajo, mostrando en diferentes apartados cada uno de los conceptos.

Recursos humanos	Precio	
(1) Graduado en geomática y topografía (Campo)	45	€/Hora
(2) Graduado en geomática y topografía (Oficina)	30	€/Hora
(3) Ayudante de topografía (Campo)	30	€/Hora

Actividades	Horas	RR. HH	Total
Planificación	32	(2)	960
Levantamiento Fotogramétrico y GNSS	10	(1) Y (3)	750
Procesado del vuelo	72	(2)	2160
Control de calidad (Topografía clásica)	6	(1) Y (3)	450
Comprobación de precisiones obtenidas	24	(2)	1080
Realización del modelo Tridimensional	12	(2)	540
Integración en entornos virtuales	20	(2)	900
Realización de la memoria del proyecto	136	(2)	6120
Recopilación de información	72	(2)	3240

Subtotal 16200 €

Instrumental topográfico y fotogramétrico	Coste	Alquiler/día	Amortización	Total
Pareja de equipos GNSS		160		160
Rpa DJI Phantom IV	1200		2,7	2,70
Mantenimiento	300		1,35	1,35
Seguro	300		1,35	1,35
Estación total		60		60
Trípodes x2	700		1,58	1,58
Prismas x2	600		1,35	1,35
Jalones x1	700		1,58	1,58
Soporte x1	150		0,34	0,34

Subtotal 230,25 €

Transporte y dietas	Coste	Precio/km	Kilómetros	nº viajes	Total
Combustible		0,25	100	2	50
Dietas x2	12				24

Subtotal 74 €



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

Recursos Informáticos	Coste	Alquiler/mes	Días de Uso	Amortización	Total
Ordenador	1600			3,6	3,60
Leica Geo Office	12360		2	56,18	56,18
Pix 4D		260	15	130	130,00
Microsoft Office		8,8	17	4,99	4,99
Autocad		223,85	6	44,77	44,77
Sketchup	702		2	3,9	3,90
MDTopX Suite		328,8	2	21,92	21,92

**Subtotal 265,36 €**

Otros	Coste	Total
Material Fungible (Campo)	20	20
Material Fungible (Oficina)	16	16
Impresión memoria	25	25
Impresión de mapa	3	3
Encuadernación	10	10

**Subtotal 74 €**

Total, presupuesto	Subtotal	Beneficio Industrial (15%)	Gastos Generales (6%)	Subtotal antes de IVA	IVA (21%)	Total
Actividades	16200,00	2430,00	972,00	19602,00	4116,42	22746,42
Instrumental topográfico y fotogramétrico	230,25	34,54	13,82	278,60	58,51	323,29
Transporte y dietas	74,00	11,10	4,44	89,54	18,80	103,90
Recursos Informáticos	265,36	39,80	15,92	321,09	67,43	372,59
Otros	74,00	11,10	4,44	89,54	18,80	103,90

**Total 23650,11 €**

Tal y como se observa, el coste del proyecto incluyendo un 15% de beneficio industrial y un 6% de gastos generales además del 21% del IVA final, alcanza un total de 23650,11 euros.



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

---

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**





## *12. CONCLUSIONES*

---



## **12.CONCLUSIONES**

Tal y como se ha expuesto en los puntos anteriores, se concluye este trabajo con la realización exitosa de cada uno de los objetivos, entre los que cabe destacar, la viabilidad para la realización de productos cartográficos, catastrales, además de dar a conocer otros productos, no conocidos por el público en general, que permite obtener la tecnología actual de fotogrametría mediante RPAS. Como ha sido la creación de modelos tridimensionales, para incluirlos en entornos virtuales, obteniendo un producto con valor añadido, además de ampliar otras opciones de mercado, no conocidas.

Hay que destacar, el trabajo de topografía con técnicas GNSS y topografía clásica, lo que ha permitido la obtención precisa de los puntos de apoyo, que han servido para la geolocalización precisa del modelo, además del ajuste relativo de éste y el posterior control de calidad para la verificación de los resultados obtenidos.

Además de lo anterior se han solventado de manera exitosa las diferentes dificultades encontradas, que se redactan a continuación, a manera de resumen.

Error de altimetría en los metadatos de las imágenes del dron, posiblemente debido a un error de calibración del barómetro, este error, lo corrige automáticamente Pix4D gracias a la inclusión de los puntos de apoyo en el proyecto.

Error en la determinación de puntos en la fachada sur de la iglesia. Es decir, el software ha obtenido puntos en dicha fachada, pero un número menor de ellos y con una menor precisión.



Esto se ha producido por tres factores:

- El color blanco (color que produce la máxima reflexión).
- La uniformidad del color sobre toda la fachada.
- La inclinación del sol en el momento de la toma  $<40^\circ$  sobre el horizonte (debido a esto ha sido la fachada sur la perjudicada, ya que en ella los rayos incidían con mayor perpendicularidad a esta).

Lo anterior, no ha tenido tanta problemática a la hora de poder discernir las líneas que definen el edificio en planta.

Por el contrario, si ha tenido una mayor repercusión en la creación del modelo tridimensional o malla de triángulos, produciéndose orificios en ésta, situación que al final se ha solventado calculando la malla, en diferentes partes.

Esto además de solucionar lo anterior, ha permitido reducir el tiempo de cálculo, así como la posibilidad de crear una malla con una mayor definición, y la reducción del tamaño de cada uno de los archivos, lo que ofrece una mejora en el rendimiento del hardware a la hora de poder visualizar la malla en los entornos virtuales.



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

---

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**







## *13. BIBLIOGRAFÍA*

---



## 13.BIBLIOGRAFÍA

Apuntes de la asignatura modelos matemáticos en fotogrametría analítica.

Apuntes de la asignatura fotogrametría no cartográfica.

Apuntes de la asignatura redes fotogramétricas.

Manual de usuario equipo GPS Leica System 1200.

Manual de usuario equipos Leica TPS700 Series.

<http://www.madrid.org/cartografia/planea/cartografia/html/web/VisorGps.htm>

<ftp://ftp.geodesia.ign.es/>

<http://www.ign.es/ign/main/index.do>

<http://www.enaire.es/>

<https://skyvector.com/>

<http://es.goolzoom.com/>

<https://www.ngs.noaa.gov/>

<http://www.epsg.org/>

<http://www.lospueblosdeshabitados.blogspot.com.es/2012/02/orejatoledo.html>

<https://www.bricsys.com/applications/a/?txt-to-dxf-converter-a716-a11174>

<http://www.seguridadaerea.gob.es/>

<http://www.hemav.com/>

<https://es.wikipedia.org>

<http://www.geosetter.de/en/>

<http://www.cloudcompare.org/>

<http://www.3dreshaper.com/>

<http://www.sketchup.com/>

<https://www.digi21.net/>



## *14. ANEXOS*

---



## 14. ANEXOS

### 14.1. Informe de cálculo Referencia del RTK

- when it has to be right



#### Análisis previo del ajuste

www.MOVE3.com

(c) 1993-2008 Grontmij

##### Información del proyecto

Nombre del proyecto: Oreja\_RTK\_FINAL  
Kernel de procesamiento: MOVE3 4.0

##### Información general

Tipo: 3D Red ajustada – Proyección : None – Elipsoide : WGS 84

##### Estaciones

Número de estaciones  
(parcialmente) conocidas: 2  
Número de estaciones  
desconocidas: 1  
Total: 3

##### Observaciones

Diferencias de coordenadas  
GPS: 6 (2 líneas base)  
Coordenadas conocidas: 6  
Total: 12

##### Incógnitas

Coordenadas: 9  
Total: 9

Grados de libertad: 3



- when it has to be right



## Red Ajuste

www.MOVE3.com

(c) 1993-2008 Grontmij

con licencia para Leica Geosystems AG

Creado: 04/05/2017 16:29:22

### Información del proyecto

Nombre del proyecto:	TFG_Oreja
Fecha de creación:	04/05/2017 15:16:25
Huso horario:	1h 00'
Sistema de coordenadas:	ETRS89_UTM30N_EGM08REDNAP
Programa de aplicación:	LEICA Geo Office 7.0
Kernel de procesamiento:	MOVE3 4.0.1

### Información general

#### Ajuste

Tipo:	Forzado
Dimensión:	3D
Sistema de coordenadas:	WGS 1984
Tipo de altura:	Elipsoidal

Número de iteraciones:	1
Corrección máxima de coordenadas en la última iteración:	0.0000 m

✓ (tolerancia alcanzada)

#### Estaciones

Número de estaciones (parcialmente) conocidas:	2
Número de estaciones desconocidas:	1
Total:	3

#### Observaciones

Diferencias de coordenadas GPS:	6 (2 líneas base)
Coordenadas conocidas:	6
Total:	12

#### Incógnitas

Coordenadas:	9
Total:	9

Grados de libertad:	3
---------------------	---

#### Pruebas

Alfa (multi dimensional):	0.1291
Alfa 0 (una dimensión):	5.0 %
Beta:	80.0 %
Sigma a-priori (GPS):	10.0


Valor crítico de prueba W:	1.96
Valor crítico de la prueba T (2 dimensiones):	2.42



OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS

TRABAJO DE FIN DE GRADO



Valor crítico de la prueba T (3 dimensiones): 1.89  
Valor crítico de prueba F: 1.89  
Prueba F: 0.55  (aceptado)

Resultados basados en el factor de varianza a posteriori

### Datos de entrada

#### Coordenadas aproximadas

Estación	Latitud	Longitud	Altura [m]	
IGNE	40° 26' 45.00901" N	3° 42' 34.28323" W	766.9201	Conocido en posición y altura
REF	40° 02' 14.77020" N	3° 29' 45.16406" W	636.8453	
SONS	39° 40' 31.26381" N	3° 57' 50.29038" W	808.9674	Conocido en posición y altura

#### Observaciones

	Estación	Pto visado	Alt inst	Alt obs	Lectura
DX	SONS	REF			-23238.6106 m
DY					41659.8934 m
DZ					30755.1007 m
DX	IGNE	REF			30284.2322 m
DY					16310.5519 m
DZ					-34703.4294 m

#### Desviaciones estándar

	Estación	Pto visado	D. E. abs / Cor	D. E. rel / Cor	D. E. tot / Cor
DX	SONS	REF	0.0050 m	-	-
DY			-0.1484	0.0021 m	-
DZ			0.6562	-0.1579	0.0043 m
DX	IGNE	REF	0.0050 m	-	-
DY			-0.1485	0.0021 m	-
DZ			0.6563	-0.1584	0.0043 m

### Resultados del ajuste

#### Coordenadas

Estación		Coordenada	Corr	Prec (99%)	
IGNE	Latitud	40° 26' 45.00901" N	0.0000 m	-	fijo
	Longitud	3° 42' 34.28323" W	0.0000 m	-	fijo
	Altura	766.9201 m	0.0000 m	-	fijo
REF	Latitud	40° 02' 14.77020" N	0.0000 m	0.0037 m	
	Longitud	3° 29' 45.16406" W	0.0000 m	0.0028 m	
	Altura	636.8453 m	0.0000 m	0.0082 m	
SONS	Latitud	39° 40' 31.26381" N	0.0000 m	-	fijo
	Longitud	3° 57' 50.29038" W	0.0000 m	-	fijo
	Altura	808.9674 m	0.0000 m	-	fijo

#### Observaciones y residuales

Estación	Pto visado	Obs. ajus.	Resid	Resid (ENA)	Desv. Est.
----------	------------	------------	-------	-------------	------------



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

<b>DX</b>	SONS	REF	-23238.6134 m	0.0028 m	-0.0012 m	0.0027 m
<b>DY</b>			41659.8948 m	-0.0014 m	0.0004 m	0.0011 m
<b>DZ</b>			30755.0978 m	0.0029 m	0.0041 m	0.0023 m
<b>DX</b>	IGNE	REF	30284.2350 m	-0.0028 m	0.0012 m	0.0027 m
<b>DY</b>			16310.5506 m	0.0014 m	-0.0003 m	0.0011 m
<b>DZ</b>			-34703.4265 m	-0.0029 m	-0.0041 m	0.0023 m

**Residuales del vector de línea base GPS**

	Estación	Pto visado	Vector ajus. [m]	Resid [m]	Resid [ppm]
DV	SONS	REF	56757.8720	0.0043	0.1
DV	IGNE	REF	48862.0176	0.0043	0.1

**Elipses de error absoluto (2D - 99% 1D - 99%)**

Estación	A [m]	B [m]	A/B	Phi	Desv. Est. Alt [m]
IGNE	0.0000	0.0000	1.0	90°	0.0000
REF	0.0043	0.0032	1.3	-4°	0.0082
SONS	0.0000	0.0000	1.0	0°	0.0000

**Elipses de error relativo (2D - 99%)**

Estación	Estación	A [m]	B [m]	A/B	Psi	Desv. Est. Alt [m]
SONS	REF	0.0043	0.0032	1.3	-49°	0.0082
IGNE	REF	0.0043	0.0032	1.3	17°	0.0082

**Pruebas y errores estimados**

**Pruebas de coordenadas**

Estación		MDB	BNR	Prueba W	Prueba T
IGNE	Latitud	0.0081 m	21.6	-0.27	1.00
	Longitud	0.0062 m	16.4	1.08	
	Altura	0.0183 m	16.2	-1.29	
SONS	Latitud	0.0081 m	21.6	0.27	1.00
	Longitud	0.0062 m	16.4	-1.08	
	Altura	0.0183 m	16.2	1.30	

**Pruebas de observación**

	Estación	Pto visado	MDB	Red	BNR	Prueba W	Prueba T
<b>DX</b>	SONS	REF	0.0113 m	47	2.9	0.24	1.00
<b>DY</b>			0.0062 m	47	3.0	-1.09	
<b>DZ</b>			0.0098 m	47	2.9	0.69	
<b>DX</b>	IGNE	REF	0.0113 m	47	2.9	-0.24	1.00
<b>DY</b>			0.0062 m	47	3.0	1.09	
<b>DZ</b>			0.0098 m	47	2.9	-0.69	

**Redundancia:**



**Prueba W:**



**Prueba T (3 dimensiones):**

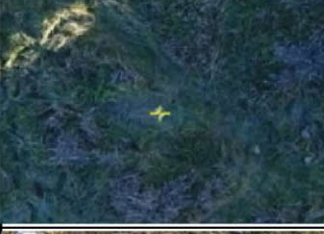





## 14.2. Reseñas de los puntos de apoyo.



Reseñas Puntos Apoyo Vuelo Oreja (Toledo)				
Punto:	GCP 1			
WGS84 (DD)				
LAT	LONG	ALT.ELIP		
40°02'16.8288"N	3°29'45.0106"W	629.515		
ETRS89-UTM30N				
ESTE	NORTE	ALT.ORTO		
457698.948	4432093.497	578.035		
σ plani, alti	0.005	0.008		
Punto:	GCP 2			
WGS84 (DD)				
LAT	LONG	ALT.ELIP		
40°02'16.6534"N	3°29'43.3319"W	633.694		
ETRS89-UTM30N				
ESTE	NORTE	ALT.ORTO		
457738.700	4432087.869	582.214		
σ plani, alti	0.005	0.008		
Punto:	GCP 3			
WGS84 (DD)				
LAT	LONG	ALT.ELIP		
40°02'16.8125"N	3°29'41.5142"W	635.379		
ETRS89-UTM30N				
ESTE	NORTE	ALT.ORTO		
457781.803	4432092.534	583.899		
σ plani, alti	0.005	0.008		
Punto:	GCP 4			
WGS84 (DD)				
LAT	LONG	ALT.ELIP		
40°02'16.5110"N	3°29'39.6536"W	638.721		
ETRS89-UTM30N				
ESTE	NORTE	ALT.ORTO		
457825.843	4432082.994	587.241		
σ plani, alti	0.005	0.008		
Punto:	GCP 5			
WGS84 (DD)				
LAT	LONG	ALT.ELIP		
40°02'15.8044"N	3°29'45.0055"W	631.507		
ETRS89-UTM30N				
ESTE	NORTE	ALT.ORTO		
457698.893	4432061.912	580.027		
σ plani, alti	0.005	0.008		
Punto:	GCP 6			
WGS84 (DD)				
LAT	LONG	ALT.ELIP		
40°02'16.3375"N	3°29'42.3622"W	634.762		
ETRS89-UTM30N				
ESTE	NORTE	ALT.ORTO		
457761.626	4432078.001	583.282		
σ plani, alti	0.005	0.008		



















**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**



Punto:			GCP 7				
WGS84 (DD)							
LAT	LONG	ALT.ELIP					
40°02'15.5938"N	3°29'43.4388"W	636.894					
ETRS89-UTM30N							
ESTE	NORTE	ALT.ORTO					
457735.985	4432055.213	585.414					
σ plani, alti	0.005		0.008				
Punto:			GCP 8				
WGS84 (DD)							
LAT	LONG	ALT.ELIP					
40°02'15.8005"N	3°29'40.7502"W	636.733					
ETRS89-UTM30N							
ESTE	NORTE	ALT.ORTO					
457799.736	4432061.231	585.252					
σ plani, alti	0.006		0.008				
Punto:			GCP 9				
WGS84 (DD)							
LAT	LONG	ALT.ELIP					
40°02'15.4848"N	3°29'39.6370"W	640.152					
ETRS89-UTM30N							
ESTE	NORTE	ALT.ORTO					
457826.061	4432051.350	588.671					
σ plani, alti	0.006		0.008				
Punto:			GCP 10				
WGS84 (DD)							
LAT	LONG	ALT.ELIP					
40°02'15.0930"N	3°29'41.6331"W	638.171					
ETRS89-UTM30N							
ESTE	NORTE	ALT.ORTO					
457778.691	4432039.535	586.690					
σ plani, alti	0.006		0.008				
Punto:			GCP 11				
WGS84 (DD)							
LAT	LONG	ALT.ELIP					
40°02'14.8626"N	3°29'44.0296"W	637.283					
ETRS89-UTM30N							
ESTE	NORTE	ALT.ORTO					
457721.859	4432032.747	585.802					
σ plani, alti	0.005		0.009				
Punto:			GCP 12				
WGS84 (DD)							
LAT	LONG	ALT.ELIP					
40°02'14.8849"N	3°29'39.6464"W	639.468					
ETRS89-UTM30N							
ESTE	NORTE	ALT.ORTO					
457825.735	4432032.858	587.986					
σ plani, alti	0.005		0.008				



Punto:	GCP 13		
	WGS84 (DD)		
LAT	LONG	ALT.ELIP	
40°02'14.7740"N	3°29'44.8674"W	637.004	
	ETRS89-UTM30N		
ESTE	NORTE	ALT.ORTO	
457701.989	4432030.126	585.523	
$\sigma$ plani, alti	0.005		0.008
Punto:	GCP 14		
	WGS84 (DD)		
LAT	LONG	ALT.ELIP	
40°02'14.1640"N	3°29'43.1909"W	637.188	
	ETRS89-UTM30N		
ESTE	NORTE	ALT.ORTO	
457741.615	4432011.098	585.707	
$\sigma$ plani, alti	0.005		0.008
Punto:	GCP 15		
	WGS84 (DD)		
LAT	LONG	ALT.ELIP	
40°02'14.2858"N	3°29'40.9456"W	637.319	
	ETRS89-UTM30N		
ESTE	NORTE	ALT.ORTO	
457794.845	4432014.557	585.837	
$\sigma$ plani, alti	0.005		0.008
Punto:	GCP 16		
	WGS84 (DD)		
LAT	LONG	ALT.ELIP	
40°02'13.9206"N	3°29'45.1406"W	630.289	
	ETRS89-UTM30N		
ESTE	NORTE	ALT.ORTO	
457695.367	4432003.852	578.808	
$\sigma$ plani, alti	0.006		0.008
Punto:	GCP 17		
	WGS84 (DD)		
LAT	LONG	ALT.ELIP	
40°02'13.5883"N	3°29'41.7857"W	632.345	
	ETRS89-UTM30N		
ESTE	NORTE	ALT.ORTO	
457774.815	4431993.165	580.863	
$\sigma$ plani, alti	0.006		0.009
Punto:	GCP 18		
	WGS84 (DD)		
LAT	LONG	ALT.ELIP	
40°02'13.8314"N	3°29'39.5289"W	637.142	
	ETRS89-UTM30N		
ESTE	NORTE	ALT.ORTO	
457828.340	4432000.361	585.660	
$\sigma$ plani, alti	0.005		0.008





### 14.3. Listado de puntos del levantamiento rtk

A continuación, se muestra el listado de puntos procedente del levantamiento mediante RTK.

*El sistema de referencia es ETRS89, proyección UTM30N, y Geoide EGM08\_RED NAP  
(Datum Alicante)*

Id_de_punto	X_local	Y_local	Alt._Elip.	Alt._ortom.	Q_Posic.	Desv.Est.Alt	Pos._+Q_Alt.
EDIF0001	457717.979	4432043.502	637.480	586.000	0.005	0.009	0.010
EDIF0002	457721.587	4432046.985	637.346	585.865	0.006	0.016	0.017
EDIF0003	457737.431	4432048.689	637.282	585.801	0.005	0.011	0.012
EDIF0004	457740.235	4432044.942	637.290	585.810	0.005	0.010	0.011
EDIF0005	457738.778	4432028.876	637.535	586.054	0.005	0.009	0.010
EDIF0006	457739.501	4432032.068	637.498	586.017	0.005	0.009	0.011
EDIF0007	457724.770	4432030.979	637.363	585.882	0.005	0.009	0.010
EDIF0008	457718.913	4432035.111	637.374	585.893	0.005	0.012	0.013
EDIF0009	457722.791	4432031.029	637.295	585.814	0.005	0.009	0.010
EDIF0010	457730.572	4432026.907	637.547	586.066	0.005	0.010	0.011
EDIF0011	457730.450	4432028.698	637.494	586.013	0.005	0.011	0.012
EDIF0012	457744.445	4432038.341	637.773	586.292	0.005	0.009	0.010
EDIF0013	457747.052	4432038.656	637.933	586.452	0.005	0.009	0.010
EDIF0014	457740.350	4432032.534	637.532	586.051	0.005	0.012	0.013
EDIF0015	457730.928	4432023.888	637.560	586.079	0.005	0.009	0.010
EDIF0016	457730.594	4432027.559	637.535	586.054	0.005	0.009	0.010
EDIF0017	457742.369	4432035.986	637.520	586.039	0.007	0.013	0.015
EDIF0018	457739.713	4432032.407	637.522	586.041	0.009	0.016	0.019
EDIF0019	457744.286	4432012.502	637.233	585.752	0.005	0.009	0.011
EDIF0020	457743.919	4432014.995	637.176	585.695	0.005	0.009	0.010
EDIF0021	457738.947	4432017.310	637.248	585.767	0.005	0.009	0.011
EDIF0022	457741.568	4432017.492	637.227	585.745	0.005	0.008	0.010
EDIF0023	457784.177	4432019.633	638.100	586.618	0.005	0.009	0.010
EDIF0024	457782.688	4432019.598	638.057	586.576	0.007	0.012	0.014
EDIF0025	457787.036	4432029.922	640.726	589.245	0.005	0.009	0.010
EDIF0026	457786.788	4432029.899	640.577	589.096	0.005	0.009	0.011
EDIF0027	457786.521	4432029.906	640.396	588.914	0.006	0.011	0.012
EDIF0028	457786.240	4432029.893	640.190	588.708	0.006	0.011	0.013
EDIF0029	457788.234	4432019.744	638.307	586.825	0.017	0.033	0.037
EDIF0030	457806.365	4432015.979	637.362	585.880	0.005	0.009	0.010
EDIF0031	457806.189	4432018.350	637.363	585.882	0.005	0.009	0.010
EDIF0032	457813.204	4432015.782	637.386	585.904	0.005	0.009	0.010
EDIF0033	457816.114	4432015.720	637.424	585.942	0.005	0.009	0.010
EDIF0034	457827.502	4432015.219	637.702	586.220	0.005	0.009	0.011
EDIF0035	457825.682	4432015.288	637.721	586.239	0.005	0.009	0.010



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

EDIF0036	457818.477	4432015.592	637.745	586.263	0.005	0.009	0.010
EDIF0037	457818.325	4432011.194	637.637	586.155	0.005	0.009	0.010
EDIF0038	457825.518	4432010.877	638.118	586.636	0.005	0.008	0.010
EDIF0039	457825.558	4432010.871	637.754	586.272	0.005	0.009	0.010
EDIF0040	457806.124	4432021.344	637.982	586.501	0.011	0.018	0.020
EDIF0041	457809.522	4432021.606	637.990	586.508	0.005	0.009	0.010
EDIF0042	457807.455	4432021.486	637.820	586.339	0.006	0.010	0.011
EDIF0043	457810.883	4432025.030	638.250	586.768	0.005	0.009	0.010
EDIF0044	457808.322	4432024.948	638.221	586.739	0.005	0.009	0.011
EDIF0045	457807.228	4432040.704	638.700	587.219	0.005	0.008	0.010
EDIF0046	457805.796	4432040.474	638.792	587.311	0.005	0.009	0.011
EDIF0047	457803.670	4432053.341	636.949	585.468	0.005	0.009	0.010
EDIF0048	457803.870	4432050.867	637.153	585.672	0.010	0.017	0.020
EDIF0049	457802.564	4432050.592	637.529	586.048	0.006	0.010	0.012
EDIF0050	457788.737	4432067.219	636.216	584.735	0.006	0.009	0.011
EDIF0051	457790.757	4432064.803	636.306	584.826	0.006	0.009	0.011
EDIF0052	457798.618	4432061.305	636.537	585.056	0.005	0.009	0.010
EDIF0053	457795.613	4432061.681	636.444	584.964	0.012	0.019	0.022
EDIF0054	457782.479	4432063.089	637.903	586.422	0.005	0.009	0.010
EDIF0055	457783.872	4432062.961	637.682	586.201	0.005	0.008	0.010
EDIF0056	457778.675	4432058.661	638.538	587.057	0.010	0.016	0.019
EDIF0057	457783.525	4432068.782	636.182	584.702	0.005	0.008	0.010
EDIF0058	457783.959	4432072.023	636.279	584.799	0.005	0.009	0.010
EDIF0059	457786.093	4432087.735	636.056	584.576	0.016	0.028	0.033
EDIF0060	457782.003	4432088.311	635.552	584.072	0.005	0.009	0.010
EDIF0061	457782.312	4432090.089	635.543	584.063	0.005	0.009	0.010
EDIF0062	457782.699	4432089.981	635.646	584.166	0.006	0.009	0.011
EDIF0063	457782.544	4432088.651	635.784	584.304	0.005	0.009	0.010
EDIF0064	457786.187	4432088.145	636.017	584.537	0.006	0.010	0.011
EDIF0065	457786.426	4432089.150	636.094	584.614	0.005	0.009	0.010
EDIF0066	457786.866	4432088.945	636.452	584.972	0.005	0.009	0.010
EDIF0067	457790.594	4432085.440	636.436	584.955	0.006	0.010	0.012
EDIF0068	457790.479	4432084.859	636.437	584.957	0.007	0.013	0.015
EDIF0069	457792.719	4432086.489	636.594	585.114	0.005	0.009	0.010
EDIF0070	457792.632	4432085.618	636.783	585.302	0.006	0.010	0.011
EDIF0071	457791.319	4432076.034	636.669	585.189	0.006	0.010	0.012
EDIF0072	457790.943	4432076.115	636.647	585.166	0.006	0.010	0.012
EDIF0073	457792.540	4432072.655	637.304	585.823	0.005	0.008	0.010
EDIF0074	457790.149	4432072.979	636.714	585.233	0.006	0.010	0.011
EDIF0075	457756.063	4432064.524	636.608	585.127	0.005	0.009	0.011
EDIF0076	457756.011	4432061.501	636.673	585.192	0.005	0.009	0.010
EDIF0077	457744.052	4432057.834	636.648	585.167	0.005	0.008	0.010
EDIF0078	457747.649	4432058.317	636.651	585.171	0.006	0.009	0.011
EDIF0079	457749.759	4432063.066	636.914	585.434	0.006	0.010	0.012



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

EDIF0080	457749.654	4432063.403	636.909	585.428	0.005	0.008	0.010
EDIF0081	457749.788	4432063.438	636.849	585.369	0.005	0.009	0.010
EDIF0082	457748.217	4432069.327	636.657	585.177	0.005	0.009	0.010
EDIF0083	457744.241	4432068.228	636.574	585.094	0.007	0.012	0.014
EDIF0084	457747.487	4432062.772	636.946	585.466	0.008	0.012	0.015
EDIF0085	457749.220	4432053.771	637.099	585.618	0.005	0.008	0.010
EDIF0086	457749.451	4432051.576	637.479	585.998	0.005	0.008	0.010
EDIF0087	457747.419	4432033.234	638.119	586.638	0.012	0.013	0.017
EDIF0088	457767.461	4432041.144	638.409	586.928	0.013	0.016	0.021
EDIF0089	457774.574	4432041.523	638.429	586.948	0.016	0.019	0.025
EDIF0090	457780.183	4432041.848	638.404	586.923	0.009	0.012	0.015
EDIF0091	457789.699	4432042.557	638.510	587.029	0.010	0.012	0.016
EDIF0092	457791.952	4432040.083	638.796	587.314	0.033	0.034	0.047
GCP01	457698.948	4432093.497	629.515	578.035	0.005	0.008	0.010
GCP02	457738.700	4432087.869	633.694	582.214	0.005	0.008	0.009
GCP03	457781.803	4432092.534	635.379	583.899	0.005	0.008	0.010
GCP04	457825.843	4432082.994	638.721	587.241	0.005	0.008	0.009
GCP05	457698.893	4432061.912	631.507	580.027	0.005	0.008	0.010
GCP06	457761.626	4432078.001	634.762	583.282	0.005	0.008	0.010
GCP07	457735.985	4432055.213	636.894	585.414	0.005	0.008	0.010
GCP08	457799.736	4432061.231	636.733	585.252	0.006	0.008	0.010
GCP09	457826.061	4432051.350	640.152	588.671	0.006	0.008	0.010
GCP10	457778.691	4432039.535	638.171	586.690	0.006	0.008	0.010
GCP11	457721.859	4432032.747	637.283	585.802	0.005	0.009	0.010
GCP12	457825.735	4432032.858	639.468	587.986	0.005	0.008	0.010
GCP13	457701.989	4432030.126	637.004	585.523	0.005	0.008	0.010
GCP14	457741.615	4432011.098	637.188	585.707	0.005	0.008	0.009
GCP15	457794.845	4432014.557	637.319	585.837	0.005	0.008	0.009
GCP16	457695.367	4432003.852	630.289	578.808	0.006	0.008	0.010
GCP17	457774.815	4431993.165	632.345	580.863	0.006	0.009	0.011
GCP18	457828.340	4432000.361	637.142	585.660	0.005	0.008	0.009
REF	457694.958	4432030.048	636.845	585.365	0.005	0.008	0.009
RELL0001	457693.508	4432033.121	636.757	585.276	0.005	0.009	0.010
RELL0002	457696.466	4432036.532	636.768	585.288	0.005	0.009	0.011
RELL0003	457699.981	4432039.557	636.927	585.447	0.005	0.010	0.011
RELL0004	457702.849	4432041.590	636.918	585.438	0.005	0.010	0.011
RELL0005	457705.482	4432043.798	636.949	585.468	0.005	0.009	0.010
RELL0006	457708.629	4432046.328	637.044	585.564	0.005	0.009	0.010
RELL0007	457712.421	4432048.543	637.138	585.658	0.005	0.009	0.010
RELL0008	457716.216	4432050.328	637.303	585.823	0.005	0.009	0.010
RELL0009	457721.257	4432052.174	637.392	585.912	0.005	0.008	0.010
RELL0010	457726.728	4432053.264	637.482	586.002	0.005	0.010	0.011
RELL0011	457730.321	4432053.471	637.528	586.048	0.005	0.009	0.010
RELL0012	457733.911	4432053.238	637.402	585.922	0.005	0.009	0.011
RELL0013	457736.804	4432053.327	636.937	585.456	0.005	0.010	0.011





**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

RELL0014	457735.339	4432051.671	637.311	585.831	0.005	0.009	0.011
RELL0015	457732.907	4432051.118	637.468	585.988	0.005	0.010	0.011
RELL0016	457729.790	4432049.952	637.512	586.031	0.005	0.010	0.011
RELL0017	457726.401	4432048.420	637.402	585.922	0.005	0.010	0.011
RELL0018	457722.858	4432047.042	637.318	585.838	0.005	0.010	0.011
RELL0019	457736.563	4432048.044	637.281	585.801	0.005	0.010	0.011
RELL0020	457739.906	4432049.927	637.207	585.727	0.005	0.009	0.010
RELL0021	457743.783	4432052.566	637.045	585.565	0.005	0.010	0.011
RELL0022	457742.899	4432054.860	636.855	585.374	0.005	0.009	0.011
RELL0023	457743.035	4432057.853	636.619	585.139	0.005	0.009	0.010
RELL0024	457745.963	4432059.898	636.664	585.183	0.005	0.009	0.010
RELL0025	457748.270	4432058.895	636.647	585.166	0.005	0.009	0.011
RELL0026	457752.057	4432060.901	636.667	585.186	0.006	0.011	0.012
RELL0027	457752.843	4432063.201	636.629	585.148	0.005	0.009	0.011
RELL0028	457756.394	4432062.382	636.611	585.130	0.006	0.012	0.013
RELL0029	457758.833	4432065.183	636.549	585.068	0.006	0.011	0.012
RELL0030	457762.346	4432064.076	636.554	585.074	0.006	0.010	0.011
RELL0031	457765.155	4432066.799	636.582	585.102	0.007	0.012	0.014
RELL0032	457769.477	4432065.704	636.498	585.018	0.005	0.009	0.010
RELL0033	457772.346	4432068.872	636.471	584.991	0.006	0.011	0.012
RELL0034	457776.230	4432067.729	636.369	584.888	0.006	0.011	0.013
RELL0035	457778.916	4432069.889	636.208	584.728	0.005	0.008	0.010
RELL0036	457776.474	4432070.172	636.295	584.815	0.005	0.009	0.010
RELL0037	457775.724	4432071.297	636.006	584.526	0.005	0.009	0.010
RELL0038	457775.918	4432072.908	635.959	584.479	0.005	0.009	0.011
RELL0039	457774.477	4432072.705	635.859	584.378	0.005	0.009	0.010
RELL0040	457780.224	4432071.459	636.153	584.673	0.005	0.009	0.011
RELL0041	457783.628	4432070.543	636.196	584.716	0.005	0.009	0.010
RELL0042	457785.827	4432067.923	636.216	584.736	0.005	0.010	0.011
RELL0043	457789.567	4432068.704	636.303	584.823	0.008	0.015	0.017
RELL0044	457791.200	4432065.040	636.303	584.823	0.007	0.013	0.015
RELL0045	457794.581	4432065.167	636.376	584.896	0.005	0.010	0.011
RELL0046	457795.485	4432061.832	636.454	584.974	0.010	0.020	0.022
RELL0047	457798.807	4432061.164	636.550	585.069	0.005	0.009	0.010
RELL0048	457799.077	4432057.585	636.741	585.260	0.005	0.009	0.011
RELL0049	457801.294	4432057.198	636.739	585.258	0.005	0.010	0.011
RELL0050	457803.646	4432055.832	636.905	585.424	0.005	0.009	0.010
RELL0051	457803.319	4432052.055	637.030	585.549	0.006	0.010	0.012
RELL0052	457806.525	4432050.222	637.183	585.702	0.005	0.009	0.011
RELL0053	457807.499	4432049.771	637.451	585.970	0.005	0.009	0.010
RELL0054	457808.466	4432049.833	637.786	586.305	0.005	0.009	0.011
RELL0055	457809.527	4432049.183	637.929	586.448	0.007	0.013	0.014
RELL0056	457810.477	4432048.134	638.164	586.683	0.005	0.009	0.010
RELL0057	457811.779	4432046.842	638.091	586.610	0.005	0.009	0.010



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

RELL0058	457813.098	4432044.971	638.191	586.710	0.005	0.010	0.011
RELL0059	457814.371	4432042.997	638.122	586.641	0.005	0.009	0.010
RELL0060	457815.315	4432041.190	637.971	586.490	0.005	0.009	0.010
RELL0061	457814.439	4432039.907	637.676	586.195	0.006	0.010	0.012
RELL0062	457812.789	4432042.361	637.612	586.130	0.005	0.009	0.010
RELL0063	457812.878	4432043.213	638.067	586.586	0.005	0.008	0.010
RELL0064	457811.317	4432044.059	637.533	586.051	0.005	0.009	0.011
RELL0065	457809.734	4432045.979	637.436	585.955	0.005	0.009	0.010
RELL0066	457808.108	4432048.287	637.418	585.937	0.005	0.009	0.010
RELL0067	457805.300	4432048.713	637.204	585.722	0.006	0.010	0.011
RELL0068	457807.332	4432045.225	637.337	585.856	0.005	0.010	0.011
RELL0069	457809.839	4432042.318	637.478	585.997	0.006	0.011	0.013
RELL0070	457812.052	4432040.157	637.570	586.088	0.005	0.009	0.010
RELL0071	457813.862	4432037.888	637.690	586.209	0.005	0.009	0.011
RELL0072	457815.488	4432035.306	637.982	586.501	0.005	0.009	0.010
RELL0073	457817.601	4432032.839	638.065	586.583	0.005	0.009	0.011
RELL0074	457818.464	4432030.924	638.076	586.594	0.005	0.009	0.010
RELL0075	457815.472	4432031.685	638.379	586.898	0.005	0.009	0.010
RELL0076	457813.453	4432033.267	638.445	586.964	0.005	0.009	0.010
RELL0077	457811.577	4432034.664	638.739	587.257	0.005	0.009	0.010
RELL0078	457810.848	4432036.326	638.728	587.247	0.005	0.009	0.010
RELL0079	457810.913	4432038.154	638.365	586.883	0.005	0.009	0.010
RELL0080	457810.062	4432040.249	637.923	586.442	0.005	0.009	0.010
RELL0081	457809.113	4432040.449	637.944	586.463	0.005	0.009	0.010
RELL0082	457809.461	4432038.966	638.238	586.756	0.005	0.010	0.011
RELL0083	457809.342	4432037.205	638.539	587.058	0.005	0.009	0.010
RELL0084	457808.573	4432035.164	638.751	587.269	0.005	0.009	0.010
RELL0085	457808.863	4432031.758	638.569	587.087	0.005	0.010	0.011
RELL0086	457808.868	4432028.144	638.502	587.021	0.005	0.009	0.011
RELL0087	457808.663	4432025.616	638.351	586.869	0.005	0.010	0.011
RELL0088	457808.326	4432023.282	638.060	586.579	0.005	0.009	0.011
RELL0089	457807.676	4432021.095	637.755	586.273	0.008	0.015	0.017
RELL0090	457806.355	4432018.974	637.432	585.950	0.006	0.011	0.012
RELL0091	457805.972	4432015.875	637.363	585.881	0.005	0.009	0.010
RELL0092	457811.388	4432015.927	637.384	585.902	0.005	0.008	0.010
RELL0093	457815.475	4432016.570	637.413	585.931	0.005	0.009	0.011
RELL0094	457819.414	4432017.149	637.417	585.935	0.005	0.009	0.010
RELL0095	457823.690	4432017.681	637.533	586.051	0.005	0.009	0.010
RELL0096	457827.354	4432018.158	637.556	586.074	0.005	0.009	0.011
RELL0097	457831.120	4432018.136	637.397	585.915	0.005	0.009	0.010
RELL0098	457832.428	4432020.458	637.401	585.919	0.005	0.009	0.011
RELL0099	457829.614	4432022.763	637.543	586.061	0.005	0.009	0.010
RELL0100	457826.851	4432024.963	637.689	586.207	0.005	0.009	0.010
RELL0101	457824.694	4432027.075	637.848	586.366	0.005	0.009	0.010
RELL0102	457822.042	4432029.932	638.004	586.522	0.005	0.009	0.010





**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

RELL0103	457820.820	4432033.289	638.318	586.836	0.005	0.009	0.011
RELL0104	457816.803	4432030.509	638.304	586.823	0.005	0.009	0.010
RELL0105	457816.277	4432026.027	638.226	586.744	0.005	0.009	0.010
RELL0106	457817.632	4432022.118	638.107	586.625	0.005	0.009	0.010
RELL0107	457814.428	4432022.057	638.164	586.683	0.005	0.008	0.010
RELL0108	457811.670	4432022.130	638.210	586.728	0.005	0.009	0.010
RELL0109	457810.619	4432021.019	638.081	586.599	0.005	0.008	0.010
RELL0110	457810.502	4432022.882	638.198	586.716	0.005	0.009	0.011
RELL0111	457816.811	4432033.007	638.292	586.811	0.005	0.009	0.010
RELL0112	457817.832	4432031.699	638.202	586.720	0.005	0.009	0.011
RELL0113	457815.804	4432033.808	638.209	586.728	0.005	0.009	0.010
RELL0114	457818.918	4432036.626	638.236	586.755	0.005	0.009	0.010
RELL0115	457819.966	4432038.575	638.555	587.073	0.005	0.009	0.010
RELL0116	457817.864	4432040.168	638.473	586.991	0.005	0.009	0.010
RELL0117	457823.068	4432037.538	638.949	587.467	0.005	0.008	0.009
RELL0118	457823.550	4432034.619	639.148	587.666	0.005	0.009	0.011
RELL0119	457826.534	4432033.145	639.334	587.852	0.005	0.009	0.010
RELL0120	457829.180	4432031.647	639.451	587.969	0.005	0.009	0.010
RELL0121	457829.321	4432034.373	639.600	588.119	0.005	0.009	0.010
RELL0122	457827.452	4432035.522	639.419	587.938	0.005	0.009	0.010
RELL0123	457834.154	4432031.474	639.771	588.289	0.005	0.009	0.010
RELL0124	457834.541	4432028.791	639.729	588.247	0.005	0.009	0.010
RELL0125	457832.194	4432028.147	639.212	587.730	0.005	0.009	0.010
RELL0126	457830.980	4432029.332	639.387	587.905	0.005	0.009	0.010
RELL0127	457828.737	4432029.868	639.085	587.603	0.005	0.009	0.010
RELL0128	457826.343	4432031.971	639.381	587.899	0.005	0.009	0.010
RELL0129	457824.448	4432032.895	639.365	587.884	0.005	0.010	0.011
RELL0130	457824.217	4432030.734	638.615	587.133	0.005	0.009	0.010
RELL0131	457828.063	4432023.813	637.610	586.128	0.005	0.008	0.010
RELL0132	457831.378	4432019.370	637.384	585.902	0.005	0.009	0.011
RELL0133	457832.996	4432020.693	637.412	585.930	0.006	0.010	0.012
RELL0134	457829.826	4432016.490	637.752	586.270	0.005	0.009	0.010
RELL0135	457826.949	4432015.742	637.671	586.189	0.006	0.010	0.011
RELL0136	457827.059	4432012.185	637.848	586.366	0.005	0.009	0.010
RELL0137	457828.044	4432009.546	637.420	585.937	0.005	0.009	0.010
RELL0138	457825.469	4432006.998	637.264	585.782	0.005	0.009	0.010
RELL0139	457821.447	4432006.811	637.224	585.742	0.005	0.009	0.010
RELL0140	457817.519	4432008.877	637.171	585.689	0.005	0.009	0.010
RELL0141	457813.134	4432011.493	637.229	585.747	0.005	0.009	0.010
RELL0142	457813.576	4432014.888	637.381	585.899	0.005	0.010	0.011
RELL0143	457819.396	4432019.956	637.587	586.105	0.005	0.010	0.011
RELL0144	457814.953	4432019.037	637.443	585.961	0.005	0.010	0.011
RELL0145	457811.328	4432018.512	637.396	585.914	0.006	0.011	0.012
RELL0146	457806.255	4432018.483	637.370	585.888	0.005	0.009	0.011



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

RELL0147	457802.092	4432018.255	637.367	585.885	0.006	0.011	0.012
RELL0148	457803.747	4432015.663	637.359	585.877	0.005	0.009	0.010
RELL0149	457807.670	4432015.582	637.378	585.896	0.005	0.010	0.011
RELL0150	457798.610	4432015.606	637.316	585.834	0.005	0.009	0.010
RELL0151	457797.708	4432018.642	637.422	585.940	0.007	0.016	0.017
RELL0152	457797.647	4432019.281	637.701	586.219	0.005	0.012	0.013
RELL0153	457792.492	4432018.296	637.502	586.021	0.005	0.010	0.012
RELL0154	457792.288	4432018.898	637.838	586.357	0.008	0.018	0.020
RELL0155	457789.831	4432014.627	637.439	585.957	0.005	0.009	0.010
RELL0156	457788.056	4432017.841	637.565	586.083	0.008	0.016	0.018
RELL0157	457786.419	4432018.761	637.803	586.321	0.011	0.023	0.026
RELL0158	457783.814	4432016.962	637.591	586.109	0.009	0.017	0.019
RELL0159	457782.995	4432018.735	637.743	586.261	0.005	0.010	0.011
RELL0160	457783.480	4432013.742	637.565	586.083	0.005	0.010	0.011
RELL0161	457782.788	4432011.118	637.727	586.245	0.005	0.010	0.011
RELL0162	457779.039	4432009.991	637.797	586.315	0.005	0.010	0.011
RELL0163	457777.664	4432012.968	637.682	586.200	0.005	0.009	0.010
RELL0164	457776.962	4432016.074	637.708	586.226	0.005	0.009	0.011
RELL0165	457773.556	4432017.492	638.071	586.590	0.007	0.013	0.014
RELL0166	457773.420	4432015.706	637.753	586.272	0.005	0.009	0.011
RELL0167	457773.849	4432013.110	637.735	586.254	0.005	0.009	0.011
RELL0168	457773.868	4432010.596	637.856	586.375	0.005	0.010	0.011
RELL0169	457773.703	4432008.066	637.777	586.295	0.005	0.009	0.010
RELL0170	457768.984	4432008.622	638.007	586.525	0.005	0.009	0.010
RELL0171	457769.165	4432011.936	638.062	586.580	0.005	0.009	0.010
RELL0172	457768.721	4432015.799	638.028	586.547	0.005	0.010	0.011
RELL0173	457767.817	4432017.309	638.140	586.659	0.007	0.016	0.018
RELL0174	457763.748	4432015.382	638.048	586.566	0.005	0.009	0.011
RELL0175	457762.549	4432011.533	638.035	586.554	0.005	0.009	0.010
RELL0176	457763.133	4432008.004	638.120	586.639	0.005	0.009	0.010
RELL0177	457759.092	4432008.049	637.820	586.339	0.005	0.009	0.011
RELL0178	457758.394	4432011.322	637.679	586.197	0.005	0.009	0.010
RELL0179	457757.966	4432015.143	637.731	586.249	0.005	0.009	0.010
RELL0180	457754.510	4432015.742	637.668	586.186	0.005	0.010	0.011
RELL0181	457751.740	4432011.505	637.494	586.012	0.005	0.010	0.011
RELL0182	457750.841	4432006.638	637.152	585.671	0.005	0.009	0.010
RELL0183	457745.590	4432006.724	637.075	585.594	0.005	0.009	0.010
RELL0184	457745.362	4432012.052	637.234	585.752	0.005	0.009	0.010
RELL0185	457746.158	4432015.935	637.295	585.813	0.005	0.009	0.011
RELL0186	457742.181	4432017.587	637.232	585.751	0.005	0.010	0.012
RELL0187	457739.645	4432015.186	637.322	585.840	0.005	0.009	0.010
RELL0188	457737.652	4432013.150	637.225	585.744	0.005	0.009	0.011
RELL0189	457734.982	4432016.998	637.414	585.933	0.005	0.010	0.011
RELL0190	457736.392	4432021.150	637.493	586.012	0.005	0.009	0.010
RELL0191	457739.821	4432024.257	637.498	586.017	0.005	0.010	0.011



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

RELL0192	457741.675	4432025.095	637.624	586.143	0.005	0.009	0.011
RELL0193	457741.004	4432028.616	637.551	586.070	0.005	0.009	0.010
RELL0194	457741.742	4432031.981	637.682	586.201	0.005	0.013	0.014
RELL0195	457742.284	4432035.986	637.528	586.047	0.005	0.013	0.014
RELL0196	457742.439	4432040.110	637.659	586.178	0.005	0.012	0.014
RELL0197	457741.595	4432044.448	637.477	585.997	0.005	0.010	0.011
RELL0198	457741.044	4432048.038	637.282	585.801	0.005	0.010	0.011
RELL0199	457737.126	4432047.813	637.299	585.818	0.010	0.022	0.024
RELL0200	457738.515	4432042.339	637.475	585.995	0.058	0.044	0.073
RELL0201	457738.928	4432036.890	637.660	586.179	0.006	0.010	0.012
RELL0202	457737.222	4432031.143	637.546	586.065	0.006	0.013	0.015
RELL0203	457730.209	4432030.043	637.444	585.963	0.007	0.017	0.018
RELL0204	457728.731	4432025.753	637.497	586.016	0.005	0.010	0.011
RELL0205	457727.013	4432022.418	637.388	585.907	0.005	0.009	0.011
RELL0206	457722.311	4432024.440	637.192	585.711	0.005	0.009	0.010
RELL0207	457722.853	4432029.014	637.286	585.805	0.005	0.009	0.011
RELL0208	457722.753	4432033.663	637.454	585.973	0.020	0.056	0.059
RELL0209	457719.574	4432034.851	637.256	585.775	0.009	0.024	0.026
RELL0210	457719.557	4432039.289	637.403	585.922	0.008	0.020	0.022
RELL0211	457717.595	4432043.629	637.418	585.938	0.005	0.009	0.010
RELL0212	457711.560	4432039.010	637.114	585.633	0.005	0.009	0.010
RELL0213	457711.912	4432031.100	637.072	585.592	0.005	0.009	0.010
RELL0214	457715.371	4432028.201	636.980	585.499	0.005	0.009	0.010
RELL0215	457707.929	4432029.571	637.029	585.548	0.005	0.009	0.010
RELL0216	457704.790	4432033.506	636.997	585.517	0.005	0.009	0.010
RELL0217	457701.209	4432026.421	636.931	585.450	0.005	0.009	0.010
RELL0218	457694.277	4432026.175	636.784	585.303	0.005	0.009	0.010
RELL0219	457696.349	4432032.208	636.879	585.399	0.005	0.009	0.011
RELL0220	457710.940	4432041.910	637.106	585.626	0.005	0.012	0.013
RELL0221	457745.369	4432039.543	638.088	586.608	0.005	0.011	0.012
RELL0222	457744.754	4432038.039	637.743	586.263	0.005	0.011	0.012
RELL0223	457745.539	4432034.043	638.404	586.923	0.013	0.061	0.062
RELL0224	457752.206	4432038.759	637.948	586.467	0.005	0.015	0.016
RELL0225	457759.433	4432038.855	637.991	586.510	0.006	0.017	0.018
RELL0226	457766.033	4432039.767	638.175	586.694	0.005	0.013	0.014
RELL0227	457773.197	4432038.519	638.236	586.755	0.005	0.010	0.011
RELL0228	457765.331	4432037.749	638.091	586.610	0.006	0.014	0.015
RELL0250	457736.828	4432053.793	636.874	585.393	0.005	0.009	0.010
RELL0251	457738.102	4432059.535	636.024	584.544	0.006	0.010	0.011
RELL0252	457736.858	4432060.366	635.707	584.227	0.005	0.009	0.010
RELL0253	457735.830	4432063.675	635.172	583.691	0.005	0.009	0.010
RELL0254	457736.516	4432066.131	634.805	583.325	0.005	0.009	0.011
RELL0255	457734.992	4432068.434	634.291	582.811	0.005	0.009	0.010
RELL0256	457736.214	4432070.556	634.192	582.712	0.006	0.010	0.011



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

RELL0257	457735.091	4432073.722	633.470	581.990	0.005	0.009	0.011
RELL0258	457736.343	4432075.729	633.333	581.853	0.005	0.009	0.010
RELL0259	457735.474	4432078.682	632.907	581.427	0.006	0.009	0.011
RELL0260	457738.475	4432080.394	632.912	581.432	0.005	0.009	0.010
RELL0261	457741.425	4432080.869	633.012	581.533	0.005	0.009	0.010
RELL0262	457743.926	4432078.994	633.348	581.868	0.006	0.010	0.011
RELL0263	457747.284	4432079.744	633.549	582.069	0.005	0.009	0.011
RELL0264	457750.264	4432078.231	633.884	582.404	0.007	0.011	0.013
RELL0265	457754.081	4432078.681	634.137	582.657	0.006	0.010	0.011
RELL0266	457758.036	4432076.932	634.450	582.969	0.005	0.009	0.010
RELL0267	457762.263	4432076.871	634.829	583.348	0.005	0.009	0.011
RELL0268	457766.981	4432074.401	635.190	583.710	0.005	0.009	0.010
RELL0269	457771.546	4432073.824	635.509	584.029	0.006	0.010	0.012
RELL0270	457775.227	4432071.323	635.966	584.485	0.006	0.010	0.011
RELL0271	457779.335	4432072.601	636.305	584.824	0.010	0.016	0.019
RELL0272	457781.307	4432076.736	636.170	584.689	0.005	0.009	0.011
RELL0273	457781.466	4432080.896	636.031	584.550	0.005	0.009	0.010
RELL0274	457781.177	4432085.088	635.677	584.196	0.006	0.009	0.011
RELL0275	457780.621	4432088.577	635.454	583.974	0.005	0.009	0.011
RELL0276	457781.114	4432091.732	635.351	583.871	0.005	0.009	0.010
RELL0277	457784.154	4432094.573	635.123	583.643	0.005	0.009	0.011
RELL0278	457788.768	4432092.894	635.857	584.377	0.006	0.010	0.011
RELL0279	457792.708	4432092.896	636.161	584.680	0.005	0.009	0.010
RELL0280	457796.075	4432094.207	636.445	584.965	0.005	0.009	0.010
RELL0281	457798.238	4432092.812	636.960	585.480	0.005	0.009	0.011
RELL0282	457799.903	4432089.931	637.435	585.955	0.005	0.009	0.010
RELL0283	457800.135	4432085.794	637.529	586.048	0.005	0.009	0.010
RELL0284	457797.730	4432083.279	637.280	585.800	0.005	0.009	0.011
RELL0285	457797.097	4432085.438	637.431	585.951	0.005	0.009	0.010
RELL0286	457796.269	4432081.106	637.049	585.569	0.006	0.010	0.011
RELL0287	457796.522	4432078.423	636.844	585.363	0.005	0.009	0.010
RELL0288	457797.466	4432075.391	636.951	585.471	0.005	0.009	0.010
RELL0289	457797.105	4432072.774	636.770	585.289	0.005	0.009	0.011
RELL0290	457795.724	4432070.780	636.484	585.003	0.005	0.009	0.010
RELL0291	457793.594	4432068.084	636.447	584.966	0.005	0.009	0.010
RELL0292	457806.248	4432056.970	636.814	585.333	0.006	0.010	0.011
RELL0293	457809.577	4432058.423	636.785	585.304	0.006	0.010	0.012
RELL0294	457810.966	4432055.940	637.061	585.580	0.006	0.010	0.011
RELL0295	457810.538	4432054.237	637.265	585.784	0.005	0.009	0.010
RELL0296	457808.964	4432053.588	637.031	585.550	0.005	0.009	0.010
RELL0297	457808.130	4432051.758	637.650	586.169	0.005	0.009	0.011
RELL0298	457810.548	4432051.152	638.452	586.971	0.005	0.009	0.010
RELL0299	457811.038	4432052.603	638.898	587.417	0.005	0.009	0.010
RELL0300	457812.391	4432054.382	639.163	587.682	0.005	0.009	0.010
RELL0301	457813.723	4432055.348	639.332	587.850	0.005	0.009	0.011



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

RELL0302	457813.699	4432057.663	639.405	587.924	0.005	0.009	0.010
RELL0303	457811.710	4432057.987	639.139	587.658	0.005	0.009	0.010
RELL0304	457810.520	4432059.740	638.979	587.498	0.005	0.009	0.010
RELL0305	457809.569	4432060.949	638.711	587.230	0.005	0.009	0.011
RELL0306	457808.497	4432061.962	638.363	586.882	0.005	0.009	0.010
RELL0307	457806.920	4432061.754	637.983	586.502	0.005	0.009	0.010
RELL0308	457807.182	4432064.138	638.799	587.318	0.005	0.008	0.010
RELL0309	457809.899	4432065.260	639.322	587.842	0.006	0.010	0.012
RELL0310	457812.898	4432063.068	639.339	587.858	0.005	0.009	0.010
RELL0311	457814.873	4432060.459	639.555	588.074	0.005	0.009	0.010
RELL0312	457817.699	4432057.975	639.722	588.241	0.005	0.009	0.011
RELL0313	457818.500	4432056.402	639.844	588.363	0.005	0.009	0.010
RELL0314	457814.635	4432053.276	639.436	587.955	0.005	0.008	0.010
RELL0315	457816.193	4432053.934	639.456	587.975	0.005	0.009	0.010
RELL0316	457818.640	4432053.514	639.626	588.145	0.005	0.009	0.010
RELL0317	457821.506	4432052.656	639.846	588.364	0.005	0.009	0.010
RELL0318	457823.984	4432050.943	639.854	588.372	0.005	0.009	0.010
RELL0319	457825.865	4432049.367	639.953	588.472	0.005	0.009	0.011
RELL0320	457828.114	4432052.025	639.768	588.287	0.005	0.009	0.011
RELL0321	457826.576	4432054.979	639.842	588.361	0.006	0.010	0.011
RELL0322	457824.497	4432057.802	639.531	588.050	0.005	0.009	0.011
RELL0323	457820.990	4432064.492	639.311	587.830	0.005	0.009	0.010
RELL0324	457818.154	4432067.842	639.336	587.855	0.005	0.010	0.011
RELL0325	457812.904	4432078.012	639.135	587.654	0.005	0.009	0.010
RELL0326	457830.831	4432050.152	639.509	588.028	0.005	0.009	0.010
RELL0327	457830.156	4432046.573	639.932	588.451	0.005	0.009	0.010
RELL0328	457829.546	4432044.303	640.004	588.522	0.005	0.010	0.011
RELL0329	457827.593	4432044.614	639.160	587.678	0.005	0.009	0.010
RELL0330	457826.304	4432046.922	638.969	587.487	0.005	0.010	0.011
RELL0331	457824.536	4432049.111	639.023	587.542	0.005	0.009	0.011
RELL0332	457822.493	4432049.608	638.799	587.318	0.005	0.010	0.011
RELL0333	457820.031	4432050.683	638.283	586.802	0.005	0.009	0.011
RELL0334	457817.852	4432051.734	638.020	586.539	0.005	0.009	0.010
RELL0335	457815.457	4432052.030	637.890	586.409	0.005	0.009	0.011
RELL0336	457812.681	4432049.522	638.065	586.583	0.005	0.010	0.011
RELL0337	457834.483	4432019.454	637.346	585.864	0.006	0.011	0.013
RELL0338	457837.735	4432018.025	637.147	585.665	0.005	0.010	0.011
RELL0339	457841.882	4432015.817	636.832	585.350	0.005	0.008	0.010
RELL0340	457845.954	4432013.813	636.558	585.075	0.006	0.012	0.014
RELL0341	457844.525	4432011.743	636.543	585.061	0.005	0.009	0.010
RELL0342	457841.378	4432013.413	636.818	585.336	0.006	0.011	0.013
RELL0343	457837.176	4432015.353	637.161	585.679	0.005	0.009	0.011
RELL0344	457812.880	4431999.586	634.613	583.131	0.006	0.011	0.012
RELL0345	457809.881	4432001.520	634.220	582.738	0.006	0.011	0.012



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

RELL0346	457807.184	4432002.864	634.324	582.842	0.005	0.009	0.010
RELL0347	457803.728	4432003.666	634.342	582.860	0.005	0.010	0.011
RELL0348	457801.089	4432004.692	634.402	582.920	0.005	0.010	0.011
RELL0349	457797.674	4432004.704	634.080	582.598	0.006	0.012	0.014
RELL0350	457794.210	4432004.339	634.125	582.643	0.005	0.009	0.011
RELL0351	457790.252	4432003.316	634.141	582.659	0.005	0.010	0.011
RELL0352	457786.717	4432001.701	633.991	582.509	0.005	0.010	0.011
RELL0353	457782.701	4431999.700	633.509	582.027	0.006	0.012	0.014
RELL0354	457777.297	4431998.297	633.942	582.460	0.005	0.009	0.010
RELL0355	457773.983	4431997.732	634.663	583.181	0.006	0.012	0.014
RELL0356	457770.223	4431996.197	634.751	583.269	0.005	0.010	0.011
RELL0357	457766.236	4431995.239	635.810	584.328	0.005	0.009	0.010
RELL0358	457764.272	4431996.809	636.793	585.311	0.005	0.010	0.011
RELL0359	457762.214	4431996.786	637.179	585.698	0.005	0.009	0.010
RELL0360	457760.454	4431994.123	637.283	585.801	0.005	0.010	0.012
RELL0361	457757.706	4431993.507	637.367	585.885	0.005	0.009	0.011
RELL0362	457754.253	4431994.102	637.013	585.532	0.006	0.011	0.012
RELL0363	457750.322	4431994.955	636.666	585.184	0.005	0.009	0.010
RELL0364	457743.098	4431996.700	635.856	584.374	0.005	0.010	0.011
RELL0365	457737.624	4431997.647	635.284	583.803	0.005	0.010	0.011
RELL0366	457731.422	4432000.219	634.451	582.969	0.005	0.010	0.011
RELL0367	457726.940	4432003.544	634.157	582.675	0.005	0.009	0.010
RELL0368	457722.777	4432006.785	633.907	582.426	0.005	0.010	0.011
RELL0369	457718.355	4432010.991	634.414	582.933	0.005	0.009	0.010
RELL0370	457714.040	4432015.007	635.041	583.560	0.005	0.010	0.011
RELL0371	457710.650	4432017.809	635.585	584.104	0.006	0.011	0.012
RELL0372	457704.098	4432020.485	635.646	584.165	0.005	0.010	0.012
RELL0373	457702.057	4432023.170	636.490	585.009	0.005	0.010	0.012
RELL0374	457698.790	4432024.518	636.798	585.317	0.005	0.009	0.010
RELL0375	457696.856	4432025.528	636.845	585.365	0.005	0.010	0.011
RELL0376	457690.539	4432033.231	636.578	585.097	0.005	0.009	0.011
RELL0377	457688.998	4432034.422	635.866	584.386	0.005	0.009	0.010
RELL0378	457690.970	4432037.206	636.078	584.598	0.005	0.009	0.010
RELL0379	457690.061	4432038.825	635.631	584.151	0.005	0.010	0.011
RELL0380	457685.888	4432056.083	629.433	577.953	0.005	0.009	0.011
RELL0381	457689.707	4432058.787	630.240	578.760	0.005	0.009	0.010
RELL0382	457692.316	4432062.019	630.122	578.642	0.005	0.009	0.010
RELL0383	457694.522	4432064.633	630.507	579.027	0.005	0.009	0.010
RELL0384	457699.147	4432066.545	631.032	579.552	0.005	0.009	0.010
RELL0385	457702.785	4432069.143	631.291	579.811	0.005	0.010	0.011
RELL0386	457708.159	4432072.393	631.822	580.342	0.005	0.009	0.010
RELL0387	457710.532	4432075.132	631.809	580.329	0.006	0.011	0.012
RELL0388	457714.324	4432072.262	632.490	581.010	0.006	0.011	0.012
RELL0389	457717.724	4432070.915	633.014	581.534	0.005	0.011	0.012
RELL0390	457719.072	4432072.968	632.420	580.940	0.005	0.010	0.012



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**



RELL0391	457721.567	4432074.512	631.972	580.492	0.005	0.010	0.011
RELL0392	457725.114	4432076.369	631.758	580.278	0.005	0.010	0.011
RELL0393	457728.027	4432077.327	631.857	580.377	0.005	0.010	0.011
RELL0394	457730.520	4432079.258	632.029	580.549	0.005	0.011	0.012
RELL0395	457730.606	4432081.603	632.559	581.079	0.005	0.009	0.010
RELL0396	457728.599	4432082.508	632.556	581.076	0.006	0.011	0.012
RELL0397	457724.341	4432083.774	632.310	580.830	0.005	0.010	0.011
RELL0398	457720.167	4432085.505	631.790	580.311	0.005	0.011	0.012
RELL0399	457715.805	4432087.081	631.285	579.805	0.006	0.011	0.012
RELL0400	457710.972	4432088.535	630.543	579.064	0.005	0.009	0.011
RELL0401	457706.518	4432089.720	629.891	578.411	0.006	0.013	0.014
RELL0402	457701.989	4432091.142	629.010	577.530	0.006	0.013	0.014
RELL0403	457697.775	4432091.300	628.938	577.459	0.005	0.010	0.011
RELL0404	457697.336	4432081.819	626.190	574.711	0.005	0.010	0.012
RELL0405	457700.501	4432082.027	626.745	575.266	0.006	0.012	0.013
RELL0406	457703.111	4432082.691	627.063	575.584	0.006	0.013	0.014
RELL0407	457706.868	4432083.062	627.586	576.107	0.006	0.012	0.013
RELL0408	457711.678	4432081.687	628.267	576.788	0.006	0.013	0.014
RELL0409	457715.805	4432079.319	629.283	577.804	0.006	0.011	0.012
RELL0410	457718.935	4432077.292	630.101	578.621	0.005	0.011	0.012
RELL0411	457723.352	4432077.797	630.727	579.247	0.005	0.010	0.011
RELL0412	457727.698	4432078.365	631.492	580.013	0.005	0.010	0.012
RELL0413	457730.658	4432079.562	632.104	580.624	0.006	0.013	0.014



## 14.4. Listado de puntos del levantamiento con estación total

*Puntos provenientes de estacionamientos:*

Id_de_punto	X_local	Y_local	Alt._Elip.	Alt._ortom.	Ond._geoidal
EDIF0001	457806.127	4432020.307	638.241	586.759	51.482
EDIF0002	457806.167	4432020.251	640.970	589.488	51.482
EDIF0003	457805.797	4432025.573	638.732	587.250	51.482
EDIF0004	457805.404	4432031.182	643.790	592.308	51.482
EDIF0005	457805.106	4432034.398	639.977	588.495	51.482
EDIF0006	457804.685	4432040.167	640.066	588.585	51.481
EDIF0007	457804.499	4432042.180	638.910	587.429	51.481
EDIF0008	457804.694	4432040.356	639.781	588.300	51.481
EDIF0009	457794.333	4432045.665	641.079	589.598	51.481
EDIF0010	457793.924	4432045.538	641.072	589.591	51.481
EDIF0011	457803.993	4432049.012	638.194	586.713	51.481
EDIF0012	457801.604	4432049.059	639.418	587.937	51.481
EDIF0013	457801.423	4432051.896	638.322	586.841	51.481
EDIF0014	457798.360	4432055.783	637.951	586.470	51.481
EDIF0015	457793.233	4432061.831	637.743	586.262	51.481
EDIF0016	457793.528	4432061.680	642.039	590.558	51.481
EDIF0017	457793.528	4432061.680	642.039	590.558	51.481
EDIF0018	457797.700	4432056.715	641.388	589.907	51.481
EDIF0019	457797.540	4432054.651	641.388	589.907	51.481
EDIF0020	457797.273	4432051.713	641.388	589.907	51.481
EDIF0021	457800.346	4432030.995	641.936	590.454	51.482
EDIF0022	457800.407	4432030.969	645.569	594.087	51.482
EDIF0023	457800.404	4432030.967	645.570	594.088	51.482
EDIF0024	457791.848	4432081.185	639.008	587.528	51.480
EDIF0025	457791.881	4432081.853	638.907	587.427	51.480
EDIF0026	457791.881	4432081.853	638.907	587.427	51.480
EDIF0027	457792.505	4432084.612	638.862	587.382	51.480
EDIF0028	457792.547	4432085.082	638.861	587.381	51.480
EDIF0029	457792.547	4432085.083	638.861	587.381	51.480
EDIF0030	457786.147	4432084.724	639.020	587.540	51.480
EDIF0031	457784.896	4432075.414	639.218	587.737	51.481
EDIF0100	457818.347	4432011.650	638.036	586.554	51.482
EDIF0101	457810.648	4432014.776	638.104	586.622	51.482
EDIF0102	457818.429	4432015.455	637.968	586.486	51.482





**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**



EDIF0103	457825.221	4432011.939	638.303	586.821	51.482
EDIF0104	457825.233	4432014.141	638.616	587.134	51.482
EDIF0105	457806.049	4432020.229	638.819	587.337	51.482
EDIF0106	457799.917	4432020.043	640.762	589.280	51.482
EDIF0107	457792.154	4432019.618	640.981	589.499	51.482
EDIF0108	457788.432	4432019.770	640.944	589.462	51.482
EDIF0109	457787.653	4432019.853	638.469	586.987	51.482
EDIF0110	457784.656	4432019.628	638.350	586.868	51.482
EDIF0111	457784.214	4432019.617	638.331	586.849	51.482
EDIF0112	457782.659	4432019.428	638.338	586.856	51.482
EDIF0113	457782.675	4432019.562	638.196	586.714	51.482
EDIF0114	457781.678	4432021.126	642.705	591.223	51.482
EDIF0115	457781.470	4432025.186	642.989	591.507	51.482
EDIF0116	457777.618	4432019.743	641.792	590.310	51.482
EDIF0117	457777.475	4432022.016	641.838	590.356	51.482
EDIF0118	457769.885	4432018.603	640.971	589.489	51.482
EDIF0119	457769.723	4432020.849	640.966	589.485	51.481
EDIF0120	457769.875	4432018.527	640.797	589.315	51.482
EDIF0121	457769.875	4432018.527	640.797	589.315	51.482
EDIF0122	457766.803	4432023.166	644.475	592.994	51.481
EDIF0123	457762.369	4432022.792	645.383	593.902	51.481
EDIF0124	457762.371	4432022.792	645.382	593.901	51.481
EDIF0125	457805.155	4432025.884	643.316	591.834	51.482
EDIF0126	457800.239	4432029.654	645.484	594.002	51.482
EDIF0127	457800.266	4432030.868	645.561	594.079	51.482
EDIF0128	457759.603	4432018.206	639.653	588.172	51.481
EDIF0129	457748.849	4432018.149	639.874	588.393	51.481
EDIF0130	457748.729	4432019.069	639.879	588.398	51.481
EDIF0200	457762.280	4432022.797	645.370	593.889	51.481
EDIF0201	457762.268	4432022.952	645.389	593.908	51.481
EDIF0202	457761.898	4432029.049	645.449	593.968	51.481
EDIF0205	457762.248	4432023.286	644.937	593.456	51.481
EDIF0206	457761.898	4432029.076	645.419	593.938	51.481
EDIF0207	457761.965	4432029.044	645.576	594.095	51.481
EDIF0208	457758.490	4432019.136	639.995	588.514	51.481
EDIF0209	457758.427	4432019.577	640.010	588.529	51.481



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

EDIF0210	457758.483	4432018.218	639.107	587.626	51.481
EDIF0211	457755.389	4432018.854	640.148	588.667	51.481
EDIF0212	457754.943	4432023.701	640.355	588.874	51.481
EDIF0213	457748.251	4432018.508	639.668	588.187	51.481
EDIF0214	457747.958	4432021.650	639.861	588.380	51.481
EDIF0215	457747.227	4432028.059	640.116	588.635	51.481
EDIF0216	457743.941	4432018.475	638.172	586.691	51.481
EDIF0217	457738.131	4432037.878	638.867	587.386	51.481
EDIF0218	457736.076	4432037.719	638.929	587.448	51.481
EDIF0219	457736.511	4432031.810	638.913	587.432	51.481
EDIF0220	457730.312	4432031.322	639.122	587.641	51.481
EDIF0221	457727.204	4432035.656	639.144	587.663	51.481
EDIF0222	457722.572	4432035.297	639.167	587.686	51.481
EDIF0223	457736.504	4432031.825	641.248	589.767	51.481
EDIF0224	457730.282	4432031.335	641.210	589.729	51.481
EDIF0225	457736.209	4432036.251	642.867	591.386	51.481
EDIF0226	457722.344	4432035.206	643.506	592.025	51.481
EDIF0227	457722.505	4432039.140	645.942	594.461	51.481
EDIF0228	457722.506	4432039.139	645.942	594.461	51.481
EDIF0229	457742.954	4432040.831	638.149	586.668	51.481
EDIF0230	457742.979	4432041.375	638.714	587.233	51.481
EDIF0231	457746.925	4432044.853	640.028	588.547	51.481
EDIF0232	457747.449	4432044.923	640.163	588.682	51.481
EDIF0233	457736.596	4432035.919	643.482	592.001	51.481
EDIF0234	457738.614	4432037.587	643.448	591.967	51.481
EDIF0235	457735.283	4432040.313	645.764	594.283	51.481
EDIF0236	457747.287	4432044.905	640.202	588.721	51.481
GCP12-3	457825.736	4432032.905	639.477	587.995	51.482
GCP18-3	457828.301	4432000.378	637.143	585.661	51.482



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**



*Puntos provenientes de intersección inversa:*

Id_de_punto	X_local	Y_local	Alt._Elip.	Alt._ortom.	Ond._geoidal
EDIF0300	457792.388	4432062.258	642.333	590.852	51.481
EDIF0301	457792.732	4432062.041	642.274	590.793	51.481
EDIF0302	457793.192	4432062.009	641.985	590.504	51.481
EDIF0303	457793.219	4432062.378	642.099	590.618	51.481
EDIF0304	457793.175	4432061.987	641.051	589.570	51.481
EDIF0305	457793.153	4432061.965	639.891	588.410	51.481
EDIF0306	457793.134	4432061.929	638.287	586.806	51.481
EDIF0307	457792.377	4432062.024	637.948	586.467	51.481
EDIF0308	457792.181	4432062.245	642.077	590.596	51.481
EDIF0309	457788.650	4432062.705	641.965	590.484	51.481
EDIF0310	457788.797	4432062.465	637.960	586.479	51.481
EDIF0311	457780.646	4432048.027	643.753	592.272	51.481
EDIF0312	457783.297	4432048.035	641.185	589.704	51.481
EDIF0313	457785.763	4432048.244	641.657	590.176	51.481
EDIF0314	457789.146	4432062.419	638.134	586.653	51.481
EDIF0315	457791.014	4432062.182	638.148	586.667	51.481
EDIF0316	457792.075	4432062.060	638.155	586.674	51.481
EDIF0317	457745.332	4432064.909	638.461	586.981	51.480
EDIF0318	457784.253	4432074.054	638.796	587.315	51.481
EDIF0319	457785.974	4432086.365	638.504	587.024	51.480
EDIF0320	457785.927	4432087.793	636.654	585.174	51.480
EDIF0321	457782.517	4432088.264	636.545	585.065	51.480
EDIF0322	457778.495	4432058.684	642.696	591.215	51.481
EDIF0323	457777.753	4432058.587	639.519	588.038	51.481
EDIF0324	457775.381	4432058.423	639.600	588.119	51.481
EDIF0325	457779.105	4432047.760	641.965	590.484	51.481
EDIF0326	457781.965	4432047.982	641.927	590.446	51.481
EDIF0327	457748.155	4432069.273	638.367	586.887	51.480
EDIF0328	457781.550	4432074.254	637.988	586.508	51.480
EDIF0329	457781.550	4432074.254	637.988	586.508	51.480
EDIF0330	457781.596	4432074.264	637.988	586.508	51.480
REF02-4	457738.696	4432087.871	633.722	582.242	51.480
REF03-3	457781.803	4432092.529	635.357	583.877	51.480
REF08-3	457799.738	4432061.232	636.760	585.279	51.481



## 14.5. Control de calidad altimétrico

Tipo	X	Y	Z orig	Z proy	dif	
EDIF0046	457805,80	4432040,47	638,79	639,33	0,54	*
EDIF0045	457807,23	4432040,70	638,70	639,21	0,51	*
RELL0304	457810,52	4432059,74	638,98	639,31	0,33	*
EDIF0091	457789,70	4432042,56	638,51	638,70	0,19	*
RELL0303	457811,71	4432057,99	639,14	639,27	0,13	
EDIF0090	457780,18	4432041,85	638,40	638,52	0,12	
EDIF0056	457778,68	4432058,66	638,54	638,62	0,08	
EDIF0008	457718,91	4432035,11	637,37	637,44	0,07	
EDIF0023	457784,18	4432019,63	638,10	638,17	0,07	
EDIF0070	457792,63	4432085,62	636,78	636,85	0,07	
RELL0305	457809,57	4432060,95	638,71	638,78	0,07	
RELL0314	457814,64	4432053,28	639,44	639,50	0,06	
EDIF0079	457749,76	4432063,07	636,91	636,96	0,05	
RELL0111	457816,81	4432033,01	638,29	638,34	0,05	
RELL0112	457817,83	4432031,70	638,20	638,25	0,05	
RELL0315	457816,19	4432053,93	639,46	639,51	0,05	
EDIF0066	457786,87	4432088,95	636,45	636,49	0,04	
RELL0051	457803,32	4432052,06	637,03	637,07	0,04	
RELL0261	457741,43	4432080,87	633,01	633,05	0,04	
RELL0300	457812,39	4432054,38	639,16	639,20	0,04	
EDIF0047	457803,67	4432053,34	636,95	636,98	0,03	
GCP16	457695,37	4432003,85	630,29	630,32	0,03	
GCP17	457774,82	4431993,17	632,35	632,38	0,03	
RELL0039	457774,48	4432072,71	635,86	635,89	0,03	
RELL0043	457789,57	4432068,70	636,30	636,33	0,03	
RELL0050	457803,65	4432055,83	636,91	636,94	0,03	
RELL0061	457814,44	4432039,91	637,68	637,71	0,03	
RELL0100	457826,85	4432024,96	637,69	637,72	0,03	
RELL0337	457834,48	4432019,45	637,35	637,38	0,03	
RELL0396	457728,60	4432082,51	632,56	632,59	0,03	
EDIF0002	457721,59	4432046,99	637,35	637,37	0,02	
EDIF0018	457739,71	4432032,41	637,52	637,54	0,02	
EDIF0052	457798,62	4432061,31	636,54	636,56	0,02	
RELL0045	457794,58	4432065,17	636,38	636,40	0,02	
RELL0047	457798,81	4432061,16	636,55	636,57	0,02	
RELL0048	457799,08	4432057,59	636,74	636,76	0,02	
RELL0049	457801,29	4432057,20	636,74	636,76	0,02	
RELL0052	457806,53	4432050,22	637,18	637,20	0,02	
RELL0058	457813,10	4432044,97	638,19	638,21	0,02	



TRABAJO DE FIN DE GRADO

RELL0059	457814,37	4432043,00	638,12	638,14	0,02	
RELL0063	457812,88	4432043,21	638,07	638,09	0,02	
RELL0074	457818,46	4432030,92	638,08	638,10	0,02	
RELL0096	457827,35	4432018,16	637,56	637,58	0,02	
RELL0097	457831,12	4432018,14	637,40	637,42	0,02	
RELL0114	457818,92	4432036,63	638,24	638,26	0,02	
RELL0117	457823,07	4432037,54	638,95	638,97	0,02	
RELL0131	457828,06	4432023,81	637,61	637,63	0,02	
RELL0143	457819,40	4432019,96	637,59	637,61	0,02	
RELL0224	457752,21	4432038,76	637,95	637,97	0,02	
RELL0225	457759,43	4432038,86	637,99	638,01	0,02	
RELL0253	457735,83	4432063,68	635,17	635,19	0,02	
RELL0259	457735,47	4432078,68	632,91	632,93	0,02	
RELL0263	457747,28	4432079,74	633,55	633,57	0,02	
RELL0265	457754,08	4432078,68	634,14	634,16	0,02	
RELL0317	457821,51	4432052,66	639,85	639,87	0,02	
RELL0319	457825,87	4432049,37	639,95	639,97	0,02	
RELL0339	457841,88	4432015,82	636,83	636,85	0,02	
RELL0340	457845,95	4432013,81	636,56	636,58	0,02	
RELL0398	457720,17	4432085,51	631,79	631,81	0,02	
RELL0401	457706,52	4432089,72	629,89	629,91	0,02	
EDIF0014	457740,35	4432032,53	637,53	637,54	0,01	
EDIF0031	457806,19	4432018,35	637,36	637,37	0,01	
EDIF0041	457809,52	4432021,61	637,99	638,00	0,01	
EDIF0044	457808,32	4432024,95	638,22	638,23	0,01	
EDIF0084	457747,49	4432062,77	636,95	636,96	0,01	
GCP05	457698,89	4432061,91	631,51	631,52	0,01	
GCP06	457761,63	4432078,00	634,76	634,77	0,01	
RELL0022	457742,90	4432054,86	636,86	636,87	0,01	
RELL0025	457748,27	4432058,89	636,65	636,66	0,01	
RELL0031	457765,16	4432066,80	636,58	636,59	0,01	
RELL0035	457778,92	4432069,89	636,21	636,22	0,01	
RELL0037	457775,72	4432071,30	636,01	636,02	0,01	
RELL0038	457775,92	4432072,91	635,96	635,97	0,01	
RELL0054	457808,47	4432049,83	637,79	637,80	0,01	
RELL0057	457811,78	4432046,84	638,09	638,10	0,01	
RELL0060	457815,32	4432041,19	637,97	637,98	0,01	
RELL0067	457805,30	4432048,71	637,20	637,21	0,01	
RELL0069	457809,84	4432042,32	637,48	637,49	0,01	
RELL0072	457815,49	4432035,31	637,98	637,99	0,01	



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

RELL0087	457808,66	4432025,62	638,35	638,36	0,01	
RELL0090	457806,36	4432018,97	637,43	637,44	0,01	
RELL0094	457819,41	4432017,15	637,42	637,43	0,01	
RELL0095	457823,69	4432017,68	637,53	637,54	0,01	
RELL0101	457824,69	4432027,08	637,85	637,86	0,01	
RELL0102	457822,04	4432029,93	638,00	638,01	0,01	
RELL0104	457816,80	4432030,51	638,30	638,31	0,01	
RELL0105	457816,28	4432026,03	638,23	638,24	0,01	
RELL0106	457817,63	4432022,12	638,11	638,12	0,01	
RELL0110	457810,50	4432022,88	638,20	638,21	0,01	
RELL0115	457819,97	4432038,58	638,55	638,56	0,01	
RELL0132	457831,38	4432019,37	637,38	637,39	0,01	
RELL0144	457814,95	4432019,04	637,44	637,45	0,01	
RELL0147	457802,09	4432018,26	637,37	637,38	0,01	
RELL0226	457766,03	4432039,77	638,17	638,18	0,01	
RELL0227	457773,20	4432038,52	638,24	638,25	0,01	
RELL0255	457734,99	4432068,43	634,29	634,30	0,01	
RELL0257	457735,09	4432073,72	633,47	633,48	0,01	
RELL0258	457736,34	4432075,73	633,33	633,34	0,01	
RELL0260	457738,48	4432080,39	632,91	632,92	0,01	
RELL0338	457837,74	4432018,03	637,15	637,16	0,01	
RELL0341	457844,53	4432011,74	636,54	636,55	0,01	
RELL0400	457710,97	4432088,54	630,54	630,55	0,01	
EDIF0006	457739,50	4432032,07	637,50	637,50	0,00	
EDIF0020	457743,92	4432015,00	637,18	637,18	0,00	
EDIF0021	457738,95	4432017,31	637,25	637,25	0,00	
EDIF0022	457741,57	4432017,49	637,23	637,23	0,00	
EDIF0030	457806,37	4432015,98	637,36	637,36	0,00	
EDIF0032	457813,20	4432015,78	637,39	637,39	0,00	
EDIF0049	457802,56	4432050,59	637,53	637,53	0,00	
EDIF0050	457788,74	4432067,22	636,22	636,22	0,00	
GCP01	457698,95	4432093,50	629,52	629,52	0,00	
GCP08	457799,74	4432061,23	636,73	636,73	0,00	
GCP10	457778,69	4432039,54	638,17	638,17	0,00	
GCP15	457794,85	4432014,56	637,32	637,32	0,00	
GCP18	457828,34	4432000,36	637,14	637,14	0,00	
RELL0026	457752,06	4432060,90	636,67	636,67	0,00	
RELL0029	457758,83	4432065,18	636,55	636,55	0,00	
RELL0041	457783,63	4432070,54	636,20	636,20	0,00	
RELL0056	457810,48	4432048,13	638,16	638,16	0,00	
RELL0062	457812,79	4432042,36	637,61	637,61	0,00	



TRABAJO DE FIN DE GRADO

RELL0073	457817,60	4432032,84	638,07	638,07	0,00	
RELL0075	457815,47	4432031,68	638,38	638,38	0,00	
RELL0076	457813,45	4432033,27	638,45	638,45	0,00	
RELL0077	457811,58	4432034,66	638,74	638,74	0,00	
RELL0093	457815,48	4432016,57	637,41	637,41	0,00	
RELL0098	457832,43	4432020,46	637,40	637,40	0,00	
RELL0109	457810,62	4432021,02	638,08	638,08	0,00	
RELL0113	457815,80	4432033,81	638,21	638,21	0,00	
RELL0118	457823,55	4432034,62	639,15	639,15	0,00	
RELL0121	457829,32	4432034,37	639,60	639,60	0,00	
RELL0145	457811,33	4432018,51	637,40	637,40	0,00	
RELL0146	457806,26	4432018,48	637,37	637,37	0,00	
RELL0156	457788,06	4432017,84	637,57	637,57	0,00	
RELL0164	457776,96	4432016,07	637,71	637,71	0,00	
RELL0195	457742,28	4432035,99	637,53	637,53	0,00	
RELL0197	457741,60	4432044,45	637,48	637,48	0,00	
RELL0202	457737,22	4432031,14	637,55	637,55	0,00	
RELL0267	457762,26	4432076,87	634,83	634,83	0,00	
RELL0269	457771,55	4432073,82	635,51	635,51	0,00	
RELL0307	457806,92	4432061,75	637,98	637,98	0,00	
RELL0342	457841,38	4432013,41	636,82	636,82	0,00	
RELL0343	457837,18	4432015,35	637,16	637,16	0,00	
RELL0399	457715,81	4432087,08	631,29	631,29	0,00	
RELL0402	457701,99	4432091,14	629,01	629,01	0,00	
EDIF0001	457717,98	4432043,50	637,48	637,47	-0,01	
EDIF0003	457737,43	4432048,69	637,28	637,27	-0,01	
EDIF0004	457740,24	4432044,94	637,29	637,28	-0,01	
EDIF0005	457738,78	4432028,88	637,54	637,53	-0,01	
EDIF0009	457722,79	4432031,03	637,29	637,28	-0,01	
EDIF0011	457730,45	4432028,70	637,49	637,48	-0,01	
EDIF0012	457744,45	4432038,34	637,77	637,76	-0,01	
EDIF0015	457730,93	4432023,89	637,56	637,55	-0,01	
EDIF0016	457730,59	4432027,56	637,54	637,53	-0,01	
EDIF0042	457807,46	4432021,49	637,82	637,81	-0,01	
EDIF0043	457810,88	4432025,03	638,25	638,24	-0,01	
EDIF0057	457783,53	4432068,78	636,18	636,17	-0,01	
EDIF0075	457756,06	4432064,52	636,61	636,60	-0,01	
EDIF0078	457747,65	4432058,32	636,65	636,64	-0,01	
GCP12	457825,74	4432032,86	639,47	639,46	-0,01	
RELL0027	457752,84	4432063,20	636,63	636,62	-0,01	





TRABAJO DE FIN DE GRADO

RELL0028	457756,39	4432062,38	636,61	636,60	-0,01	
RELL0042	457785,83	4432067,92	636,22	636,21	-0,01	
RELL0055	457809,53	4432049,18	637,93	637,92	-0,01	
RELL0065	457809,73	4432045,98	637,44	637,43	-0,01	
RELL0066	457808,11	4432048,29	637,42	637,41	-0,01	
RELL0070	457812,05	4432040,16	637,57	637,56	-0,01	
RELL0071	457813,86	4432037,89	637,69	637,68	-0,01	
RELL0086	457808,87	4432028,14	638,50	638,49	-0,01	
RELL0088	457808,33	4432023,28	638,06	638,05	-0,01	
RELL0089	457807,68	4432021,10	637,76	637,75	-0,01	
RELL0091	457805,97	4432015,88	637,36	637,35	-0,01	
RELL0092	457811,39	4432015,93	637,38	637,37	-0,01	
RELL0099	457829,61	4432022,76	637,54	637,53	-0,01	
RELL0107	457814,43	4432022,06	638,16	638,15	-0,01	
RELL0108	457811,67	4432022,13	638,21	638,20	-0,01	
RELL0123	457834,15	4432031,47	639,77	639,76	-0,01	
RELL0126	457830,98	4432029,33	639,39	639,38	-0,01	
RELL0135	457826,95	4432015,74	637,67	637,66	-0,01	
RELL0150	457798,61	4432015,61	637,32	637,31	-0,01	
RELL0179	457757,97	4432015,14	637,73	637,72	-0,01	
RELL0186	457742,18	4432017,59	637,23	637,22	-0,01	
RELL0187	457739,65	4432015,19	637,32	637,31	-0,01	
RELL0191	457739,82	4432024,26	637,50	637,49	-0,01	
RELL0207	457722,85	4432029,01	637,29	637,28	-0,01	
RELL0222	457744,75	4432038,04	637,74	637,73	-0,01	
RELL0250	457736,83	4432053,79	636,87	636,86	-0,01	
RELL0252	457736,86	4432060,37	635,71	635,70	-0,01	
RELL0316	457818,64	4432053,51	639,63	639,62	-0,01	
EDIF0010	457730,57	4432026,91	637,55	637,53	-0,02	
EDIF0013	457747,05	4432038,66	637,93	637,91	-0,02	
EDIF0017	457742,37	4432035,99	637,52	637,50	-0,02	
EDIF0068	457790,48	4432084,86	636,44	636,42	-0,02	
GCP02	457738,70	4432087,87	633,69	633,67	-0,02	
GCP09	457826,06	4432051,35	640,15	640,13	-0,02	
GCP14	457741,62	4432011,10	637,19	637,17	-0,02	
RELL0009	457721,26	4432052,17	637,39	637,37	-0,02	
RELL0013	457736,80	4432053,33	636,94	636,92	-0,02	
RELL0014	457735,34	4432051,67	637,31	637,29	-0,02	
RELL0015	457732,91	4432051,12	637,47	637,45	-0,02	
RELL0019	457736,56	4432048,04	637,28	637,26	-0,02	
RELL0020	457739,91	4432049,93	637,21	637,19	-0,02	



TRABAJO DE FIN DE GRADO

RELL0032	457769,48	4432065,70	636,50	636,48	-0,02	
RELL0036	457776,47	4432070,17	636,29	636,27	-0,02	
RELL0040	457780,22	4432071,46	636,15	636,13	-0,02	
RELL0053	457807,50	4432049,77	637,45	637,43	-0,02	
RELL0079	457810,91	4432038,15	638,37	638,35	-0,02	
RELL0085	457808,86	4432031,76	638,57	638,55	-0,02	
RELL0122	457827,45	4432035,52	639,42	639,40	-0,02	
RELL0128	457826,34	4432031,97	639,38	639,36	-0,02	
RELL0136	457827,06	4432012,18	637,85	637,83	-0,02	
RELL0137	457828,04	4432009,55	637,42	637,40	-0,02	
RELL0148	457803,75	4432015,66	637,36	637,34	-0,02	
RELL0160	457783,48	4432013,74	637,57	637,55	-0,02	
RELL0167	457773,85	4432013,11	637,74	637,72	-0,02	
RELL0171	457769,17	4432011,94	638,06	638,04	-0,02	
RELL0172	457768,72	4432015,80	638,03	638,01	-0,02	
RELL0174	457763,75	4432015,38	638,05	638,03	-0,02	
RELL0181	457751,74	4432011,51	637,49	637,47	-0,02	
RELL0189	457734,98	4432017,00	637,41	637,39	-0,02	
RELL0190	457736,39	4432021,15	637,49	637,47	-0,02	
RELL0196	457742,44	4432040,11	637,66	637,64	-0,02	
RELL0201	457738,93	4432036,89	637,66	637,64	-0,02	
RELL0204	457728,73	4432025,75	637,50	637,48	-0,02	
RELL0205	457727,01	4432022,42	637,39	637,37	-0,02	
RELL0206	457722,31	4432024,44	637,19	637,17	-0,02	
RELL0228	457765,33	4432037,75	638,09	638,07	-0,02	
RELL0251	457738,10	4432059,54	636,02	636,00	-0,02	
RELL0318	457823,98	4432050,94	639,85	639,83	-0,02	
RELL0356	457770,22	4431996,20	634,75	634,73	-0,02	
RELL0371	457710,65	4432017,81	635,59	635,57	-0,02	
EDIF0007	457724,77	4432030,98	637,36	637,33	-0,03	
EDIF0019	457744,29	4432012,50	637,23	637,20	-0,03	
EDIF0033	457816,11	4432015,72	637,42	637,39	-0,03	
GCP03	457781,80	4432092,53	635,38	635,35	-0,03	
GCP04	457825,84	4432082,99	638,72	638,69	-0,03	
GCP07	457735,99	4432055,21	636,89	636,86	-0,03	
GCP11	457721,86	4432032,75	637,28	637,25	-0,03	
RELL0016	457729,79	4432049,95	637,51	637,48	-0,03	
RELL0024	457745,96	4432059,90	636,66	636,63	-0,03	
RELL0044	457791,20	4432065,04	636,30	636,27	-0,03	
RELL0064	457811,32	4432044,06	637,53	637,50	-0,03	



TRABAJO DE FIN DE GRADO

RELL0080	457810,06	4432040,25	637,92	637,89	-0,03	
RELL0116	457817,86	4432040,17	638,47	638,44	-0,03	
RELL0120	457829,18	4432031,65	639,45	639,42	-0,03	
RELL0125	457832,19	4432028,15	639,21	639,18	-0,03	
RELL0130	457824,22	4432030,73	638,62	638,59	-0,03	
RELL0152	457797,65	4432019,28	637,70	637,67	-0,03	
RELL0163	457777,66	4432012,97	637,68	637,65	-0,03	
RELL0166	457773,42	4432015,71	637,75	637,72	-0,03	
RELL0193	457741,00	4432028,62	637,55	637,52	-0,03	
RELL0198	457741,04	4432048,04	637,28	637,25	-0,03	
RELL0203	457730,21	4432030,04	637,44	637,41	-0,03	
RELL0220	457710,94	4432041,91	637,11	637,08	-0,03	
RELL0256	457736,21	4432070,56	634,19	634,16	-0,03	
RELL0266	457758,04	4432076,93	634,45	634,42	-0,03	
RELL0298	457810,55	4432051,15	638,45	638,42	-0,03	
RELL0299	457811,04	4432052,60	638,90	638,87	-0,03	
RELL0321	457826,58	4432054,98	639,84	639,81	-0,03	
RELL0346	457807,18	4432002,86	634,32	634,29	-0,03	
RELL0397	457724,34	4432083,77	632,31	632,28	-0,03	
RELL0403	457697,78	4432091,30	628,94	628,91	-0,03	
EDIF0036	457818,48	4432015,59	637,75	637,71	-0,04	
EDIF0067	457790,59	4432085,44	636,44	636,40	-0,04	
EDIF0077	457744,05	4432057,83	636,65	636,61	-0,04	
RELL0011	457730,32	4432053,47	637,53	637,49	-0,04	
RELL0017	457726,40	4432048,42	637,40	637,36	-0,04	
RELL0018	457722,86	4432047,04	637,32	637,28	-0,04	
RELL0033	457772,35	4432068,87	636,47	636,43	-0,04	
RELL0034	457776,23	4432067,73	636,37	636,33	-0,04	
RELL0103	457820,82	4432033,29	638,32	638,28	-0,04	
RELL0153	457792,49	4432018,30	637,50	637,46	-0,04	
RELL0155	457789,83	4432014,63	637,44	637,40	-0,04	
RELL0168	457773,87	4432010,60	637,86	637,82	-0,04	
RELL0175	457762,55	4432011,53	638,04	638,00	-0,04	
RELL0180	457754,51	4432015,74	637,67	637,63	-0,04	
RELL0183	457745,59	4432006,72	637,08	637,04	-0,04	
RELL0215	457707,93	4432029,57	637,03	636,99	-0,04	
RELL0221	457745,37	4432039,54	638,09	638,05	-0,04	
RELL0270	457775,23	4432071,32	635,97	635,93	-0,04	
RELL0328	457829,55	4432044,30	640,00	639,96	-0,04	
RELL0344	457812,88	4431999,59	634,61	634,57	-0,04	
RELL0369	457718,36	4432010,99	634,41	634,37	-0,04	



TRABAJO DE FIN DE GRADO

RELL0370	457714,04	4432015,01	635,04	635,00	-0,04	
RELL0382	457692,32	4432062,02	630,12	630,08	-0,04	
RELL0393	457728,03	4432077,33	631,86	631,82	-0,04	
RELL0395	457730,61	4432081,60	632,56	632,52	-0,04	
EDIF0037	457818,33	4432011,19	637,64	637,59	-0,05	
EDIF0058	457783,96	4432072,02	636,28	636,23	-0,05	
EDIF0087	457747,42	4432033,23	638,12	638,07	-0,05	
RELL0003	457699,98	4432039,56	636,93	636,88	-0,05	
RELL0010	457726,73	4432053,26	637,48	637,43	-0,05	
RELL0021	457743,78	4432052,57	637,04	636,99	-0,05	
RELL0030	457762,35	4432064,08	636,55	636,50	-0,05	
RELL0068	457807,33	4432045,22	637,34	637,29	-0,05	
RELL0078	457810,85	4432036,33	638,73	638,68	-0,05	
RELL0127	457828,74	4432029,87	639,09	639,04	-0,05	
RELL0129	457824,45	4432032,89	639,37	639,32	-0,05	
RELL0149	457807,67	4432015,58	637,38	637,33	-0,05	
RELL0151	457797,71	4432018,64	637,42	637,37	-0,05	
RELL0178	457758,39	4432011,32	637,68	637,63	-0,05	
RELL0182	457750,84	4432006,64	637,15	637,10	-0,05	
RELL0184	457745,36	4432012,05	637,23	637,18	-0,05	
RELL0192	457741,68	4432025,10	637,62	637,57	-0,05	
RELL0194	457741,74	4432031,98	637,68	637,63	-0,05	
RELL0211	457717,60	4432043,63	637,42	637,37	-0,05	
RELL0212	457711,56	4432039,01	637,11	637,06	-0,05	
RELL0213	457711,91	4432031,10	637,07	637,02	-0,05	
RELL0219	457696,35	4432032,21	636,88	636,83	-0,05	
RELL0262	457743,93	4432078,99	633,35	633,30	-0,05	
RELL0301	457813,72	4432055,35	639,33	639,28	-0,05	
RELL0302	457813,70	4432057,66	639,41	639,36	-0,05	
RELL0324	457818,15	4432067,84	639,34	639,29	-0,05	
RELL0325	457812,90	4432078,01	639,14	639,09	-0,05	
RELL0326	457830,83	4432050,15	639,51	639,46	-0,05	
RELL0327	457830,16	4432046,57	639,93	639,88	-0,05	
RELL0349	457797,67	4432004,70	634,08	634,03	-0,05	
RELL0392	457725,11	4432076,37	631,76	631,71	-0,05	
EDIF0080	457749,65	4432063,40	636,91	636,85	-0,06	
GCP13	457701,99	4432030,13	637,00	636,94	-0,06	
RELL0004	457702,85	4432041,59	636,92	636,86	-0,06	
RELL0005	457705,48	4432043,80	636,95	636,89	-0,06	
RELL0007	457712,42	4432048,54	637,14	637,08	-0,06	



OBTECIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS



TRABAJO DE FIN DE GRADO

RELL0012	457733,91	4432053,24	637,40	637,34	-0,06	
RELL0119	457826,53	4432033,14	639,33	639,27	-0,06	
RELL0142	457813,58	4432014,89	637,38	637,32	-0,06	
RELL0161	457782,79	4432011,12	637,73	637,67	-0,06	
RELL0216	457704,79	4432033,51	637,00	636,94	-0,06	
RELL0297	457808,13	4432051,76	637,65	637,59	-0,06	
RELL0306	457808,50	4432061,96	638,36	638,30	-0,06	
RELL0322	457824,50	4432057,80	639,53	639,47	-0,06	
RELL0323	457820,99	4432064,49	639,31	639,25	-0,06	
RELL0367	457726,94	4432003,54	634,16	634,10	-0,06	
RELL0383	457694,52	4432064,63	630,51	630,45	-0,06	
EDIF0034	457827,50	4432015,22	637,70	637,63	-0,07	
EDIF0076	457756,01	4432061,50	636,67	636,60	-0,07	
RELL0001	457693,51	4432033,12	636,76	636,69	-0,07	
RELL0002	457696,47	4432036,53	636,77	636,70	-0,07	
RELL0006	457708,63	4432046,33	637,04	636,97	-0,07	
RELL0124	457834,54	4432028,79	639,73	639,66	-0,07	
RELL0165	457773,56	4432017,49	638,07	638,00	-0,07	
RELL0217	457701,21	4432026,42	636,93	636,86	-0,07	
RELL0264	457750,26	4432078,23	633,88	633,81	-0,07	
RELL0285	457797,10	4432085,44	637,43	637,36	-0,07	
RELL0331	457824,54	4432049,11	639,02	638,95	-0,07	
RELL0388	457714,32	4432072,26	632,49	632,42	-0,07	
EDIF0039	457825,56	4432010,87	637,75	637,67	-0,08	
EDIF0071	457791,32	4432076,03	636,67	636,59	-0,08	
RELL0023	457743,04	4432057,85	636,62	636,54	-0,08	
RELL0134	457829,83	4432016,49	637,75	637,67	-0,08	
RELL0140	457817,52	4432008,88	637,17	637,09	-0,08	
RELL0214	457715,37	4432028,20	636,98	636,90	-0,08	
RELL0292	457806,25	4432056,97	636,81	636,73	-0,08	
RELL0309	457809,90	4432065,26	639,32	639,24	-0,08	
RELL0310	457812,90	4432063,07	639,34	639,26	-0,08	
RELL0329	457827,59	4432044,61	639,16	639,08	-0,08	
RELL0350	457794,21	4432004,34	634,13	634,05	-0,08	
RELL0352	457786,72	4432001,70	633,99	633,91	-0,08	
RELL0354	457777,30	4431998,30	633,94	633,86	-0,08	
RELL0355	457773,98	4431997,73	634,66	634,58	-0,08	
RELL0363	457750,32	4431994,96	636,67	636,59	-0,08	
RELL0364	457743,10	4431996,70	635,86	635,78	-0,08	
RELL0374	457698,79	4432024,52	636,80	636,72	-0,08	
RELL0387	457710,53	4432075,13	631,81	631,73	-0,08	



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

EDIF0024	457782,69	4432019,60	638,06	637,97	-0,09	
EDIF0054	457782,48	4432063,09	637,90	637,81	-0,09	
RELL0008	457716,22	4432050,33	637,30	637,21	-0,09	
RELL0170	457768,98	4432008,62	638,01	637,92	-0,09	
RELL0218	457694,28	4432026,18	636,78	636,69	-0,09	
RELL0291	457793,59	4432068,08	636,45	636,36	-0,09	
RELL0312	457817,70	4432057,97	639,72	639,63	-0,09	
RELL0347	457803,73	4432003,67	634,34	634,25	-0,09	
RELL0366	457731,42	4432000,22	634,45	634,36	-0,09	
RELL0368	457722,78	4432006,79	633,91	633,82	-0,09	
RELL0391	457721,57	4432074,51	631,97	631,88	-0,09	
EDIF0051	457790,76	4432064,80	636,31	636,21	-0,10	
EDIF0083	457744,24	4432068,23	636,57	636,47	-0,10	
RELL0159	457783,00	4432018,74	637,74	637,64	-0,10	
RELL0185	457746,16	4432015,93	637,29	637,19	-0,10	
RELL0188	457737,65	4432013,15	637,23	637,13	-0,10	
RELL0268	457766,98	4432074,40	635,19	635,09	-0,10	
RELL0311	457814,87	4432060,46	639,55	639,45	-0,10	
RELL0351	457790,25	4432003,32	634,14	634,04	-0,10	
RELL0365	457737,62	4431997,65	635,28	635,18	-0,10	
RELL0373	457702,06	4432023,17	636,49	636,39	-0,10	
EDIF0064	457786,19	4432088,14	636,02	635,91	-0,11	
REF	457694,96	4432030,05	636,85	636,74	-0,11	
RELL0133	457833,00	4432020,69	637,41	637,30	-0,11	
RELL0308	457807,18	4432064,14	638,80	638,69	-0,11	
RELL0320	457828,11	4432052,03	639,77	639,66	-0,11	
RELL0353	457782,70	4431999,70	633,51	633,40	-0,11	
RELL0375	457696,86	4432025,53	636,85	636,74	-0,11	
RELL0410	457718,94	4432077,29	630,10	629,99	-0,11	
EDIF0063	457782,54	4432088,65	635,78	635,66	-0,12	
EDIF0072	457790,94	4432076,12	636,65	636,53	-0,12	
EDIF0073	457792,54	4432072,66	637,30	637,18	-0,12	
EDIF0081	457749,79	4432063,44	636,85	636,73	-0,12	
RELL0162	457779,04	4432009,99	637,80	637,68	-0,12	
RELL0176	457763,13	4432008,00	638,12	638,00	-0,12	
RELL0283	457800,14	4432085,79	637,53	637,41	-0,12	
RELL0293	457809,58	4432058,42	636,79	636,67	-0,12	
RELL0313	457818,50	4432056,40	639,84	639,72	-0,12	
RELL0330	457826,30	4432046,92	638,97	638,85	-0,12	
RELL0348	457801,09	4432004,69	634,40	634,28	-0,12	





OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS



TRABAJO DE FIN DE GRADO

RELL0361	457757,71	4431993,51	637,37	637,25	-0,12	
EDIF0085	457749,22	4432053,77	637,10	636,97	-0,13	
RELL0273	457781,47	4432080,90	636,03	635,90	-0,13	
EDIF0055	457783,87	4432062,96	637,68	637,54	-0,14	*
RELL0288	457797,47	4432075,39	636,95	636,81	-0,14	*
RELL0345	457809,88	4432001,52	634,22	634,08	-0,14	*
RELL0362	457754,25	4431994,10	637,01	636,87	-0,14	*
RELL0385	457702,79	4432069,14	631,29	631,15	-0,14	*
RELL0386	457708,16	4432072,39	631,82	631,68	-0,14	*
EDIF0035	457825,68	4432015,29	637,72	637,57	-0,15	*
EDIF0065	457786,43	4432089,15	636,09	635,94	-0,15	*
EDIF0082	457748,22	4432069,33	636,66	636,51	-0,15	*
RELL0282	457799,90	4432089,93	637,43	637,28	-0,15	*
RELL0289	457797,11	4432072,77	636,77	636,62	-0,15	*
RELL0390	457719,07	4432072,97	632,42	632,27	-0,15	*
RELL0404	457697,34	4432081,82	626,19	626,04	-0,15	*
EDIF0062	457782,70	4432089,98	635,65	635,49	-0,16	*
RELL0141	457813,13	4432011,49	637,23	637,07	-0,16	*
RELL0254	457736,52	4432066,13	634,80	634,64	-0,16	*
RELL0081	457809,11	4432040,45	637,94	637,77	-0,17	*
RELL0084	457808,57	4432035,16	638,75	638,58	-0,17	*
RELL0138	457825,47	4432007,00	637,26	637,09	-0,17	*
RELL0177	457759,09	4432008,05	637,82	637,65	-0,17	*
RELL0277	457784,15	4432094,57	635,12	634,95	-0,17	*
RELL0280	457796,08	4432094,21	636,45	636,28	-0,17	*
RELL0287	457796,52	4432078,42	636,84	636,67	-0,17	*
RELL0360	457760,45	4431994,12	637,28	637,11	-0,17	*
RELL0271	457779,34	4432072,60	636,30	636,12	-0,18	*
RELL0272	457781,31	4432076,74	636,17	635,99	-0,18	*
RELL0276	457781,11	4432091,73	635,35	635,17	-0,18	*
RELL0389	457717,72	4432070,92	633,01	632,83	-0,18	*
RELL0406	457703,11	4432082,69	627,06	626,88	-0,18	*
RELL0173	457767,82	4432017,31	638,14	637,95	-0,19	*
RELL0290	457795,72	4432070,78	636,48	636,29	-0,19	*
RELL0384	457699,15	4432066,55	631,03	630,84	-0,19	*
RELL0411	457723,35	4432077,80	630,73	630,54	-0,19	*
RELL0413	457730,66	4432079,56	632,10	631,91	-0,19	*
EDIF0074	457790,15	4432072,98	636,71	636,51	-0,20	*
RELL0139	457821,45	4432006,81	637,22	637,02	-0,20	*
RELL0275	457780,62	4432088,58	635,45	635,25	-0,20	*
EDIF0069	457792,72	4432086,49	636,59	636,38	-0,21	*





OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS



TRABAJO DE FIN DE GRADO

RELL0169	457773,70	4432008,07	637,78	637,57	-0,21	*
RELL0357	457766,24	4431995,24	635,81	635,60	-0,21	*
RELL0408	457711,68	4432081,69	628,27	628,06	-0,21	*
RELL0274	457781,18	4432085,09	635,68	635,46	-0,22	*
RELL0359	457762,21	4431996,79	637,18	636,96	-0,22	*
RELL0394	457730,52	4432079,26	632,03	631,81	-0,22	*
RELL0405	457700,50	4432082,03	626,75	626,53	-0,22	*
EDIF0061	457782,31	4432090,09	635,54	635,30	-0,24	*
RELL0294	457810,97	4432055,94	637,06	636,82	-0,24	*
RELL0281	457798,24	4432092,81	636,96	636,70	-0,26	*
EDIF0060	457782,00	4432088,31	635,55	635,28	-0,27	*
RELL0372	457704,10	4432020,49	635,65	635,38	-0,27	*
RELL0278	457788,77	4432092,89	635,86	635,57	-0,29	*
RELL0082	457809,46	4432038,97	638,24	637,94	-0,30	*
RELL0083	457809,34	4432037,21	638,54	638,24	-0,30	*
RELL0358	457764,27	4431996,81	636,79	636,48	-0,31	*
RELL0407	457706,87	4432083,06	627,59	627,28	-0,31	*
RELL0412	457727,70	4432078,37	631,49	631,18	-0,31	*
EDIF0086	457749,45	4432051,58	637,48	637,16	-0,32	*
RELL0333	457820,03	4432050,68	638,28	637,96	-0,32	*
RELL0279	457792,71	4432092,90	636,16	635,83	-0,33	*
RELL0334	457817,85	4432051,73	638,02	637,69	-0,33	*
RELL0284	457797,73	4432083,28	637,28	636,94	-0,34	*
RELL0286	457796,27	4432081,11	637,05	636,71	-0,34	*
RELL0335	457815,46	4432052,03	637,89	637,49	-0,40	*
RELL0336	457812,68	4432049,52	638,07	637,64	-0,43	*
RELL0295	457810,54	4432054,24	637,27	636,82	-0,45	*
RELL0296	457808,96	4432053,59	637,03	636,55	-0,48	*
RELL0409	457715,81	4432079,32	629,28	628,79	-0,49	*
RELL0332	457822,49	4432049,61	638,80	638,11	-0,69	*



## 14.6. Procesado del vuelo.

### 14.6.1. Características recomendadas por pix4d

Para realizar el procesado del vuelo, las características recomendadas de hardware son las siguientes:

- CPU quad-core o hexa-core Intel i7 / Xeon.
- GeForce GPU compatible con OpenGL 3.2 y 2 GB de RAM.
- Disco duro: SSD.
- Pequeños proyectos (menos de 100 imágenes a 14 MP): 8 GB de RAM, 15 GB de espacio libre SSD.
- Proyectos medianos (entre 100 y 500 imágenes a 14 MP): 16 GB de RAM, 30 GB de espacio libre SSD.
- Grandes proyectos (más de 500 imágenes a 14 MP): 32 GB de RAM, 60 GB de espacio libre SSD.
- Proyectos muy grandes (más de 2000 imágenes a 14 MP): 32 GB de RAM, 120 GB de espacio libre SSD.

### 14.6.2. Preprocesado.

Antes de realizar el procesado del vuelo conviene:

- Eliminar antes de importar o inhabilitar en el software Pix4D las imágenes borrosas. Principalmente se dan entre las pasadas, debido al giro del dron y también las posibles fotografías que haya realizado mientras aterriza. Tras la eliminación de dichas fotografías, quedaron un total de 1025 imágenes.
- Comprobar los datos de geolocalización en los datos EXIF de la cámara. En este caso particular y después de realizar un procesado de vuelo, en el informe de resultados, es fácil de detectar un error sistemático de localización (Altimetría). Este error, lo corrige PIX4D por defecto, solo si incluimos puntos de apoyo para georreferenciar y escalar el modelo. Los datos de altura y



georreferenciación de la cámara se pueden modificar en el proceso de importación en PIX4D.

? Absolute Geolocation Variance

Mn Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X[%]	Geolocation Error Y[%]	Geolocation Error Z[%]
15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-0.671896	1.333561	-237.387519
Sigma [m]		1.292458	1.028629	1.520622
RMS Error [m]		1.456672	1.684180	237.392389

*Error sistemático de localización (altimetría) en los metadatos de las imágenes, corregido y mostrados en el informe de Pix4d.*

Probablemente, este error es debido a que el barómetro incluido en el dron, no se fijó a la altura GPS del dron en el momento de la calibración.

### 14.6.3. Creación de nuevo proyecto

Se creará un nuevo proyecto en el que se añadirán todas las imágenes de todas las misiones realizadas, en la siguiente ventana se seleccionará el sistema coordenadas de las imágenes, además del modelo de la cámara, el cual detecta por defecto. También se nos muestran las imágenes con sus respectivos metadatos de geolocalización (GNSS) y actitud (IMU) en el momento de la toma, valores que se pueden cambiar en el caso de que se haya detectado algún error.



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**



**Nuevo Proyecto**

Este asistente crea un nuevo proyecto.  
Seleccione un nombre, una carpeta de destino y un tipo para su nuevo proyecto.

Nombre:

Crear En:

☒ Usar como Ubicación del Proyecto por Defecto

Tipo de Proyecto

☒ Nuevo Proyecto

☐ Proyecto Fusionado a partir de Proyectos Existentes

*Creación de un Proyecto Nuevo*

**Nuevo Proyecto**

**Seleccionar Imágenes**

☒ Se han seleccionado suficientes imágenes: pulse Siguiente para continuar.

1025 imágenes seleccionadas.

C:/OrejaP4d/DJI\_0001.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0002.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0003.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0004.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0005.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0006.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0007.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0008.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0009.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0010.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0011.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0012.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0013.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0014.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0015.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0016.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0017.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0018.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0019.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0020.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0021.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0022.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0023.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0024.JPG  
C:/OrejaP4d/DJI\_0025.JPG

Leyendo datos EXIF. Por favor espere ...  49%

*Importación de las imágenes del proyecto.*



## OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS

### TRABAJO DE FIN DE GRADO



Nuevo Proyecto

**Propiedades de Imagen**

Geolocalización de Imágenes

Sistema de Coordenadas

☒ Datum: World Geodetic System 1984; Sistema de Coordenadas: WGS 84 (egm96) Editar...

Geolocalización y Orientación

☒ Imágenes Geolocalizadas: 1025 de 1025 Limpiar De EXIF De Fichero... A fichero...

Precisión de geolocalización: ☒ Estándar ☐ Baja ☐ Personalizado

Modelo de Cámara Seleccionado

☒ FC330\_3.6\_4000x3000 (RGB) Editar...

Activada	Imagen	Grupo	Latitude [degree]	Longitud [degree]	Altitud [m]	Precisión Horz [m]	F
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0001.JPG	group1	40.03800581	-3.49584444	424.371	5.000	10.00
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0002.JPG	group1	40.03800528	-3.49578208	424.571	5.000	10.00
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0003.JPG	group1	40.03800475	-3.49569994	424.571	5.000	10.00
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0004.JPG	group1	40.03800433	-3.49562453	424.471	5.000	10.00
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0005.JPG	group1	40.03800461	-3.49554944	424.471	5.000	10.00
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0006.JPG	group1	40.03800483	-3.49547525	424.471	5.000	10.00
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0007.JPG	group1	40.03800508	-3.49540083	424.371	5.000	10.00
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0008.JPG	group1	40.03800542	-3.49532592	424.371	5.000	10.00

Ayuda < Anterior Siguiente > Cancelar

*Propiedades de las imágenes donde se muestran los metadatos de localización y orientación de la cámara.*

Nuevo Proyecto

**Propiedades de Imagen**

Geolocalización de Imágenes

Sistema de Coordenadas

☒ Datum: World Geodetic System 1984; Sistema de Coordenadas: WGS 84 (egm96) Editar...

Geolocalización y Orientación

☒ Imágenes Geolocalizadas: 1025 de 1025 Limpiar De EXIF De Fichero... A fichero...

Precisión de geolocalización: ☒ Estándar ☐ Baja ☐ Personalizado

Modelo de Cámara Seleccionado

☒ FC330\_3.6\_4000x3000 (RGB) Editar...

**Seleccionar Sistema de Coordenadas de las Imágenes**

Sistema de coordenadas seleccionado

☒ Datum: World Geodetic System 1984  
UTM  
Sistema de Coordenadas: WGS 84

Definición de Sistema de Coordenadas

Unidad: m

☐ Sistema de coordenadas arbitrario [m]

☒ Sistema de coordenadas conocido [m]

Desde PRJ... Desde la Lista... Desde EPSG...

Más sistemas de proyección disponibles en <http://spatialreference.org/>

Sistema de coordenadas vertical

☐ MSL

☒ Altura del geode WGS 84 sobre el elipsoide [m]

☐ Arbitrario

☒ Opciones avanzadas de coordenadas

OK Cancelar



### *Modificación del sistema de coordenadas de las imágenes.*

Tras la importación de las imágenes al proyecto se seleccionará el sistema de coordenadas de salida, en este caso se ha seleccionado el Sistema Geodésico de referencia WGS84, proyección UTM 30N y altura elipsoidal.

Nuevo Proyecto

Seleccionar Sistema de Coordenadas de Salida

Sistema de coordenadas seleccionado

Datum: World Geodetic System 1984  
Sistema de Coordenadas: WGS 84 / UTM zone 30N

Sistema de Coordenadas de Salida/Puntos de Apoyo

Unidad: m

☐ Sistema de coordenadas arbitrario [m]  
☒ Auto detectado: WGS84 / UTM zone 30N  
☐ Sistema de coordenadas conocido [m]

Busca sistema de coordenadas

Sistema de coordenadas vertical

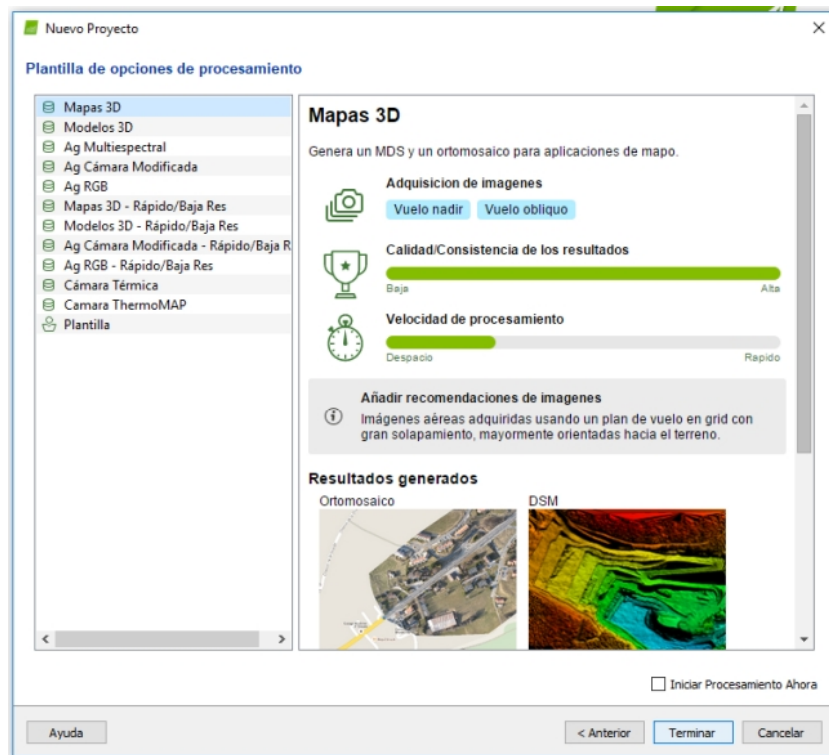
☐ MSL egm96 Aprox. 52.0316 [m] sobre WGS84  
☒ Altura del geoide WGS 84 sobre el elipsoide [m] 0.000  
☐ Arbitrario

☒ Opciones avanzadas de coordenadas

Ayuda < Anterior Siguiente > Cancelar

### *Selección del Sistema de Coordenadas de Salida.*

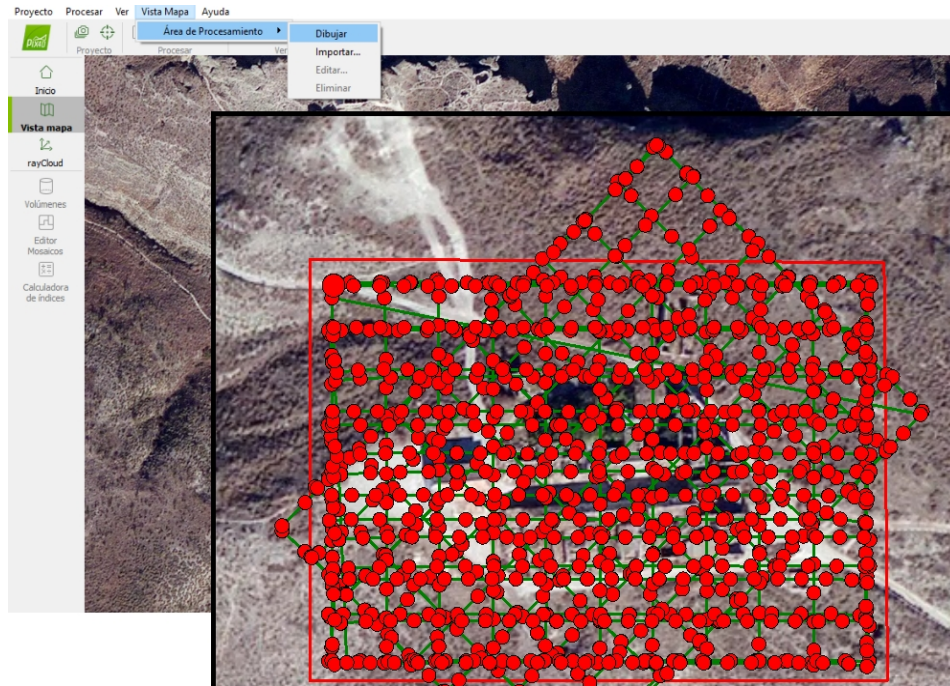
Se termina el asistente de creación del proyecto seleccionando una plantilla de parámetros para el cálculo del vuelo, se ha seleccionado mapas 3d, pero posteriormente se cambiarán algunos de estos parámetros, modificando los pasos 1, 2 y 3.



*Selección de la plantilla de configuración del cálculo fotogramétrico.*

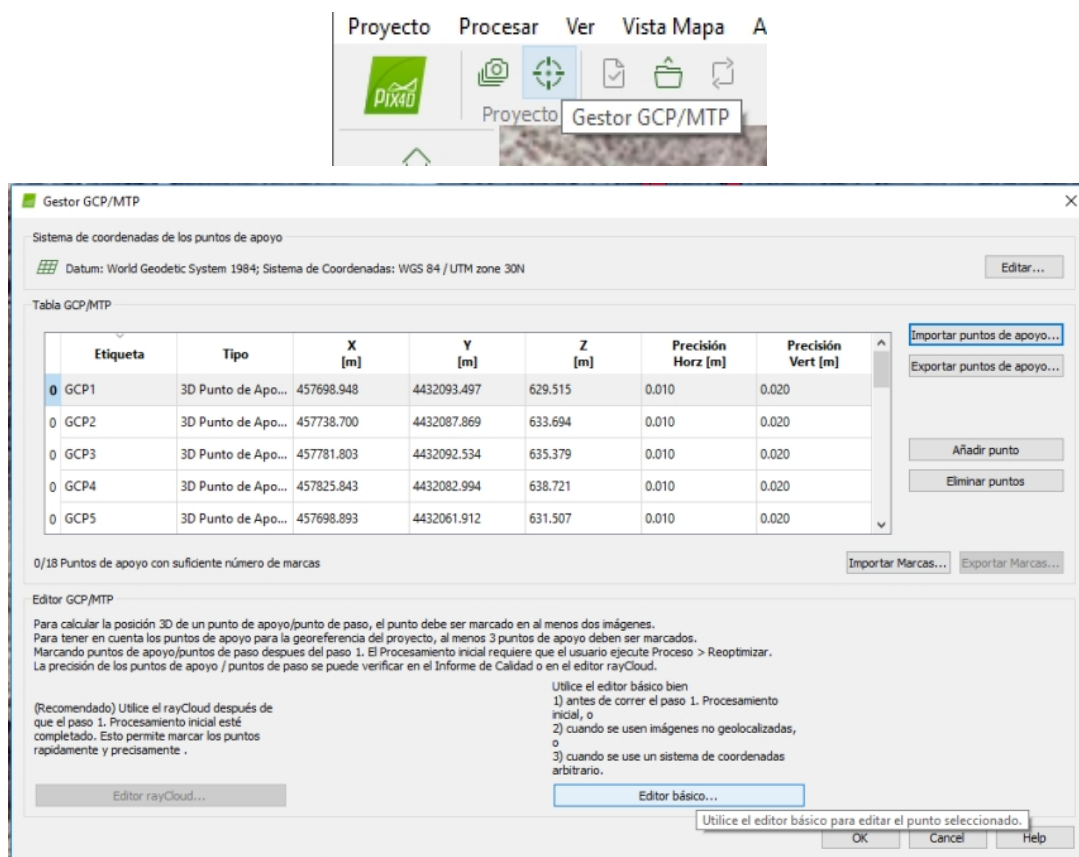


Se procede a dibujar o importar del archivo \*.p4d procedente de la planificación del vuelo en Pix4d Capture, el Área de Procesamiento.



*Dibujado del Área de Procesamiento.*

A continuación se procede a importar los puntos de apoyo. En el sistema de coordenadas elegido, el cual puede ser modificado en Pix4d, en este caso es el mismo que se ha elegido como el sistema de coordenadas de salida, anteriormente citado. Esto permitirá geolocalizar el modelo de manera precisa, además de mejorar la precisión relativa del propio modelo.



Proyecto Procesar Ver Vista Mapa A

Pix4d Proyecto Gestor GCP/MTP

Gestor GCP/MTP

Sistema de coordenadas de los puntos de apoyo

Datum: World Geodetic System 1984; Sistema de Coordenadas: WGS 84 / UTM zone 30N

Editar...

Tabla GCP/MTP

	Etiqueta	Tipo	X [m]	Y [m]	Z [m]	Precisión Horz [m]	Precisión Vert [m]
0	GCP1	3D Punto de Apo...	457698.948	4432093.497	629.515	0.010	0.020
0	GCP2	3D Punto de Apo...	457738.700	4432087.869	633.694	0.010	0.020
0	GCP3	3D Punto de Apo...	457781.803	4432092.534	635.379	0.010	0.020
0	GCP4	3D Punto de Apo...	457825.843	4432082.994	638.721	0.010	0.020
0	GCP5	3D Punto de Apo...	457698.893	4432061.912	631.507	0.010	0.020

0/18 Puntos de apoyo con suficiente número de marcas

Importar Marcas... Exportar Marcas...

Editor GCP/MTP

Para calcular la posición 3D de un punto de apoyo/punto de paso, el punto debe ser marcado en al menos dos imágenes.  
Para tener en cuenta los puntos de apoyo para la georeferencia del proyecto, al menos 3 puntos de apoyo deben ser marcados.  
Marcando puntos de apoyo/puntos de paso después del paso 1. El procesamiento inicial requiere que el usuario ejecute Proceso > Reoptimizar.  
La precisión de los puntos de apoyo / puntos de paso se puede verificar en el Informe de Calidad o en el editor rayCloud.

(Recomendado) Utilice el rayCloud después de que el paso 1. Procesamiento inicial esté completado. Esto permite marcar los puntos rápidamente y precisamente.

Utilice el editor básico bien

- 1) antes de correr el paso 1. Procesamiento inicial, o
- 2) cuando se usen imágenes no geolocalizadas, o
- 3) cuando se use un sistema de coordenadas arbitrario.

Editor rayCloud... Editor básico...

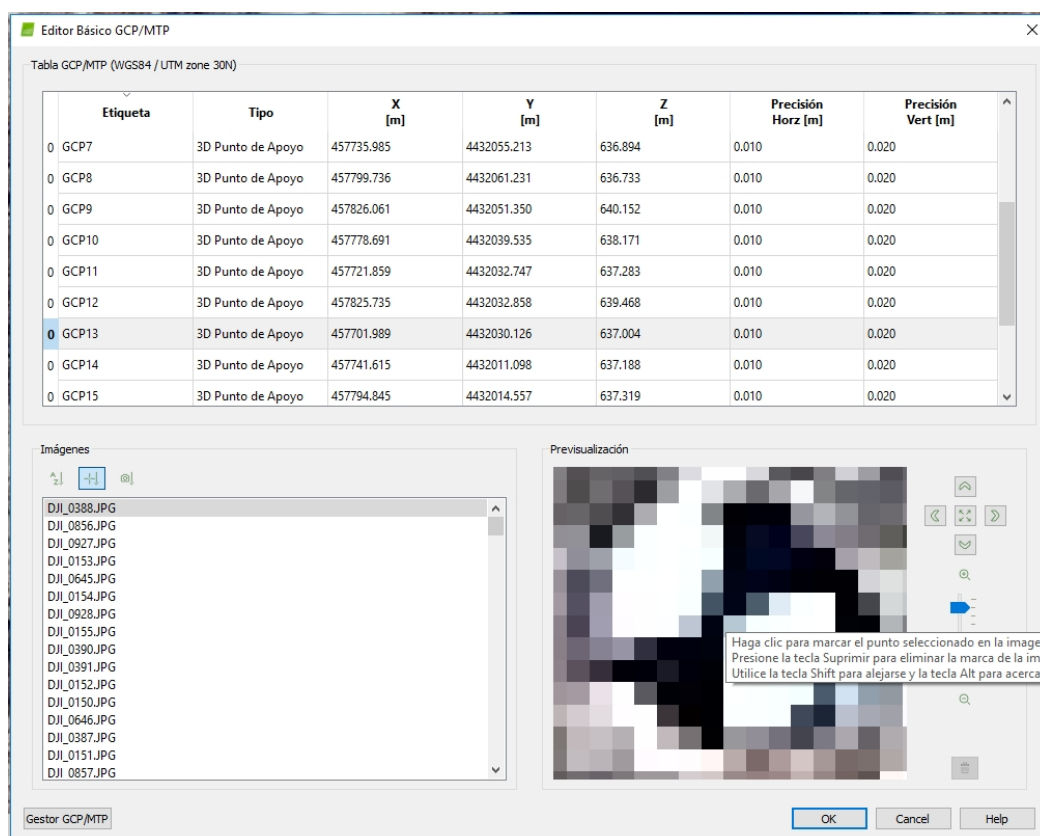
Utilice el editor básico para editar el punto seleccionado.

OK Cancel Help

*Importación de los puntos de apoyo.*



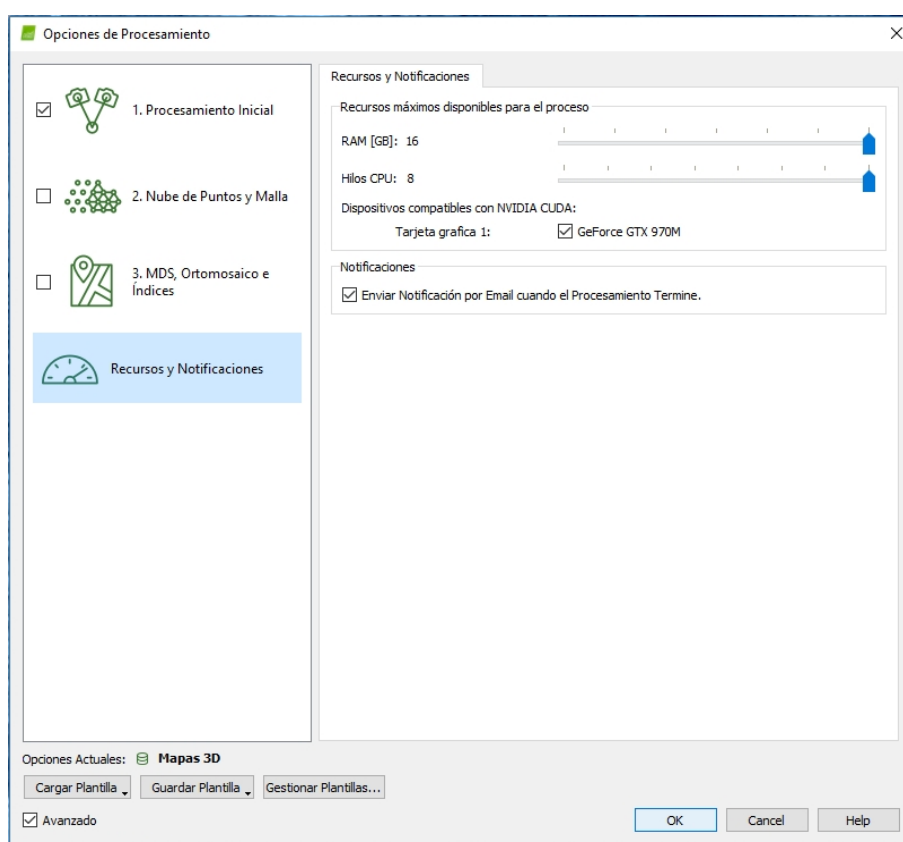
Tras esto se procede a marcar cada punto de apoyo en cada una de las fotografías en las que aparece, esto se realiza mediante el editor básico antes de la ejecución del Paso 1 ó en el editor rayCloud, el segundo método mejora la rapidez para realizar este proceso, pero para ello es necesario realizar el Paso 1, que dependiendo del modelo y/o la capacidad de cómputo, podría tardar desde unos minutos hasta varias horas.



*Marcado de cada uno de los puntos de apoyo en las imágenes mediante el editor básico.*

#### 14.6.4. Procesamiento del paso 1 o procesamiento inicial

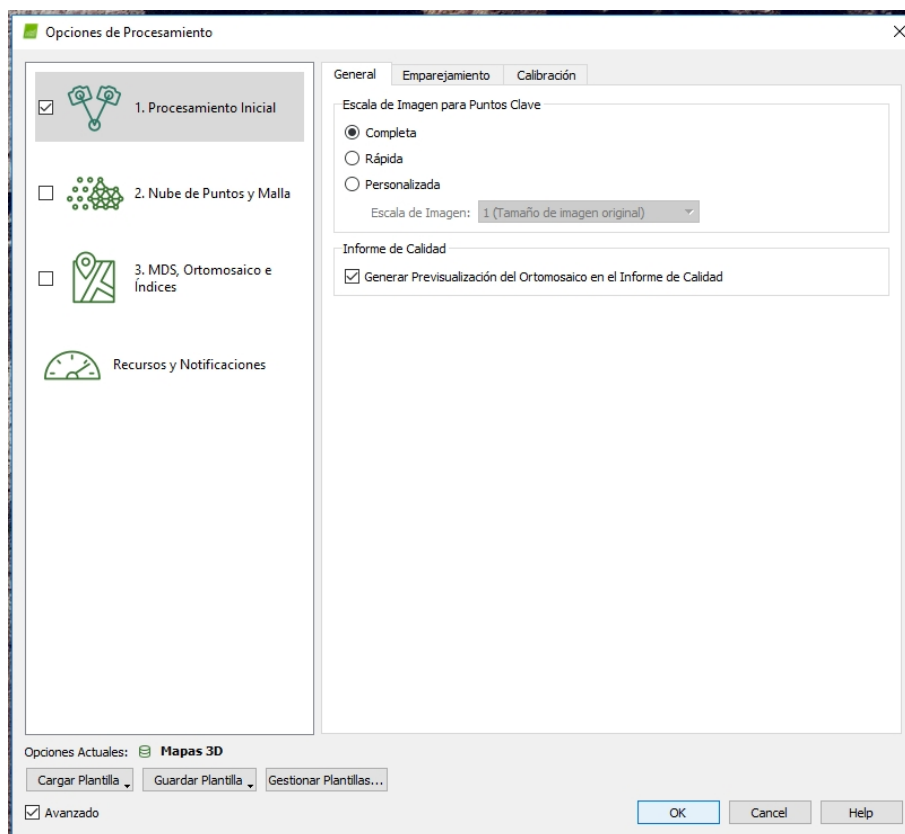
Se procede a realizar el procesado del “Paso 1” del procesado del vuelo, para ello se modificará los parámetros u opciones de procesamiento. Para ello se comprueba que se utilicen todas las capacidades del ordenador, incluyendo la tarjeta gráfica, lo que permitirá reducir el tiempo usado para dicho procesamiento.



*Recursos usados en el cálculo del procesado fotogramétrico.*

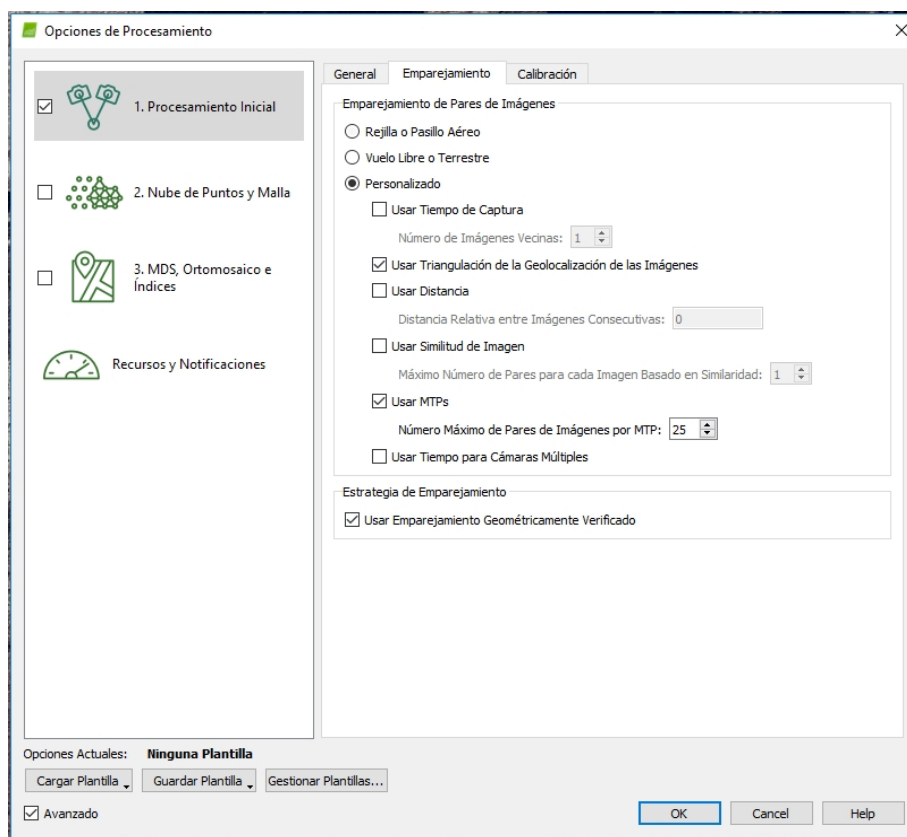


Se procede a modificar cada una de las pestañas incluidas en el “Paso 1”, en la primera o “General” se ha escogido la escala de la imagen de los puntos clave a Completa además de seleccionar “Generar Previsualización en el informe de Calidad”



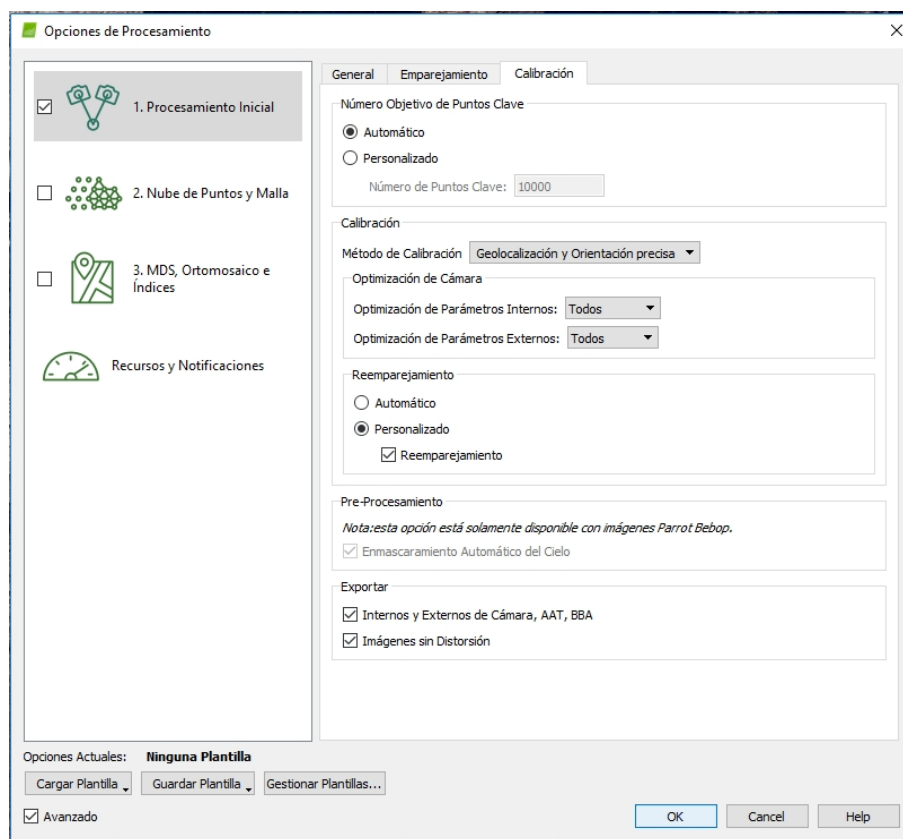
*Pestaña “General” del “Paso 1” Procesamiento Inicial*

En la segunda pestaña de Emparejamiento, se procede a seleccionar el emparejamiento o como se seleccionarán cada par de imágenes para llevar a cabo la correlación de puntos homólogos. En este caso se ha seleccionado Personalizado, Usar Triangulación de la Geolocalización de las Imágenes y usar Puntos de enlace manuales “MTP” acrónimo inglés. Además se ha seleccionado Usar Emparejamiento Geométricamente Verificado.



*Pestaña de Emparejamiento, dentro del Paso 1 (Procesamiento Inicial)*

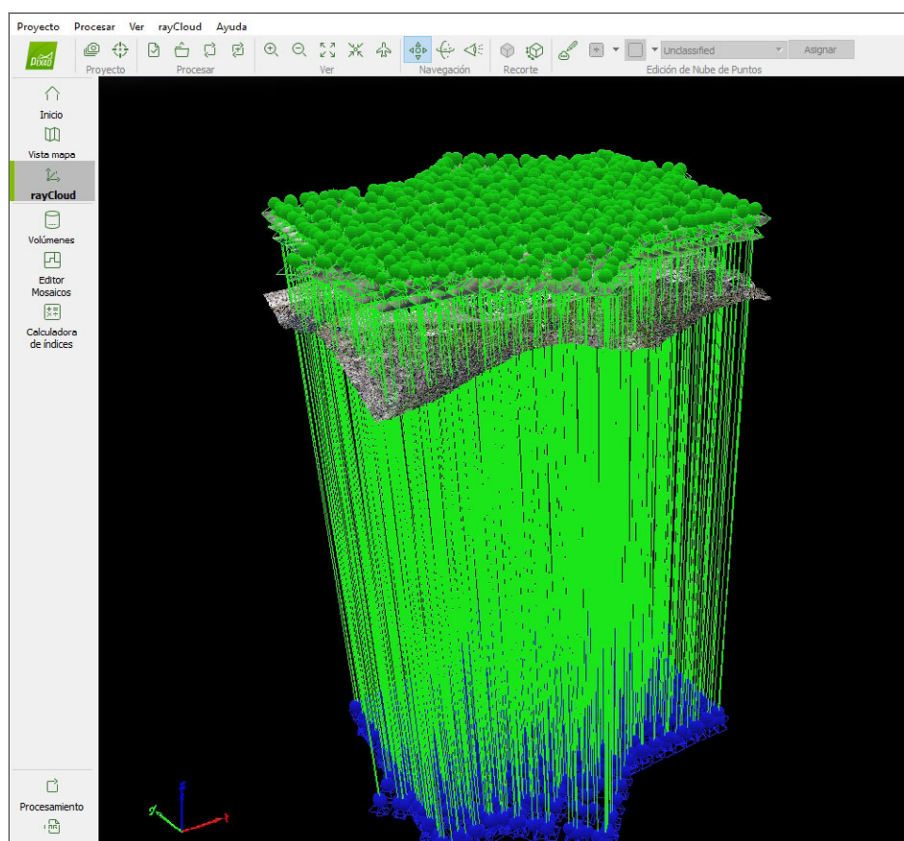
En la pestaña de Calibración, se escogerán los parámetros para realizar la autocalibración, las opciones seleccionadas se muestran en la imagen siguiente:



*Pestaña de Calibración del paso 1. Procesamiento Inicial.*

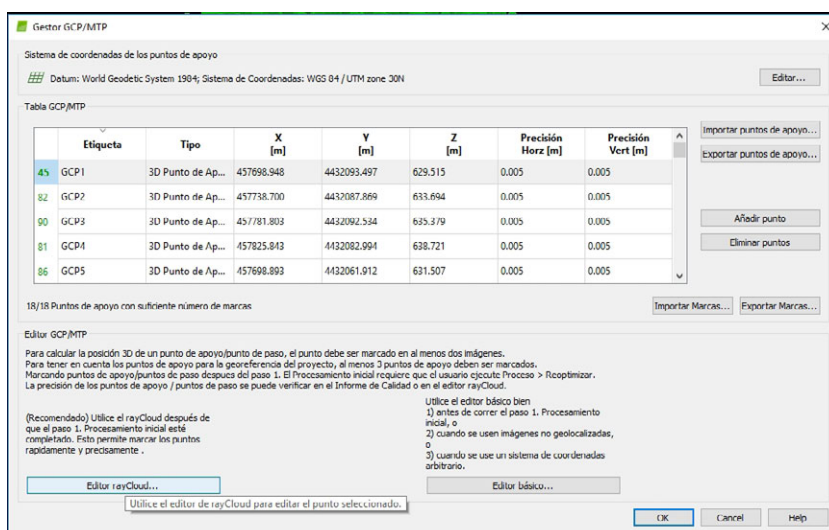


Una vez seleccionadas todas las opciones para la realización del Paso 1 o Procesamiento Inicial se ejecuta dicho paso, el cual debido al tamaño del proyecto, tarda varias horas, se obtiene el informe de resultados, cuya copia se adjunta en anexos, a su vez, se puede visualizar el resultado de la orientación relativa y absoluta realizada en el paso anterior en la ventana de rayCloud con los puntos de enlace automáticos utilizados por el software.

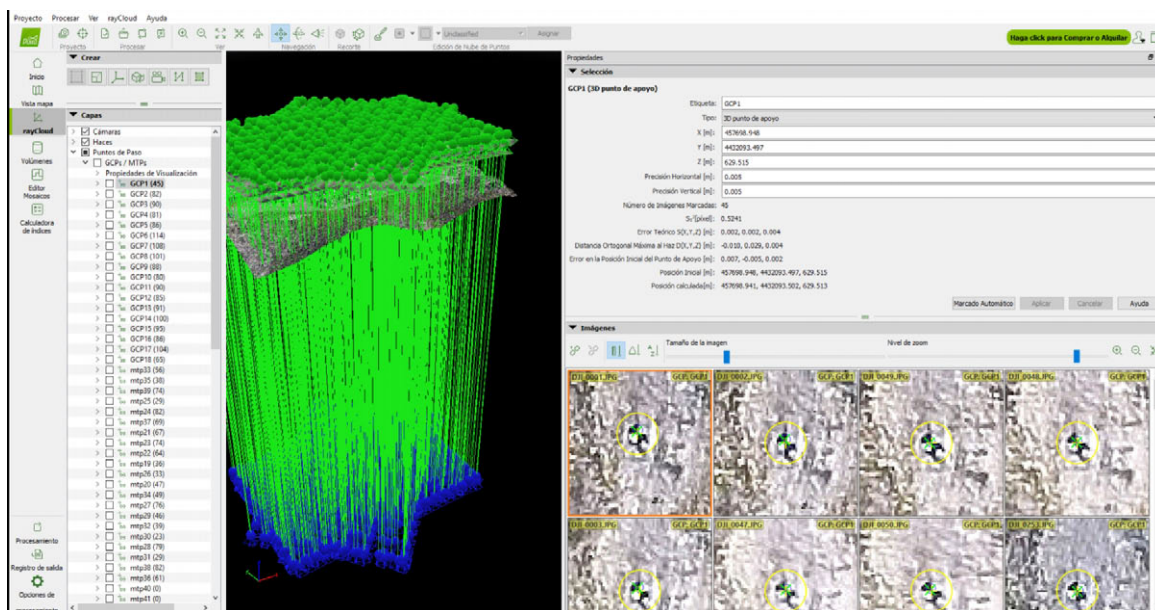


*Ventana de rayCloud, tras la ejecución del Procesamiento inicial.*

Tras lo anterior se añaden en el gestor GCP/MTP se pueden añadir puntos de enlace manuales, para mejorar, la precisión de la nube de puntos, además se podrán modificar o añadir marcas de los puntos de apoyo de una manera más rápida debido a la correlación automática de imágenes.

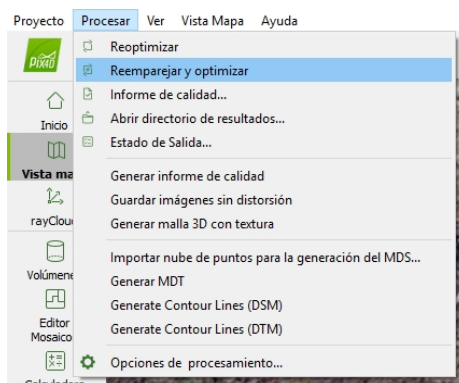


*Gestor CGP/MTP donde se muestra el botón, Editor rayCloud, habilitado tras el paso 1.*



*Editor de rayCloud donde se muestran diversos fotogramas donde se marcan los puntos de apoyo y los puntos de enlace.*

Tras la adicción de puntos de enlace manuales o MTP se vuelve a procesar mediante la opción Procesar/Reemparejar y optimizar, y tras esto se generara un nuevo informe de calidad.



*Menú Procesar, mostrando la opción de Reemparejar y Optimizar.*

Una vez realizado el proceso de Reemparejar y Optimizar, en la ventana de raycloud se procede a aplicar máscaras a los fotogramas, hay 3 tipos de máscaras:

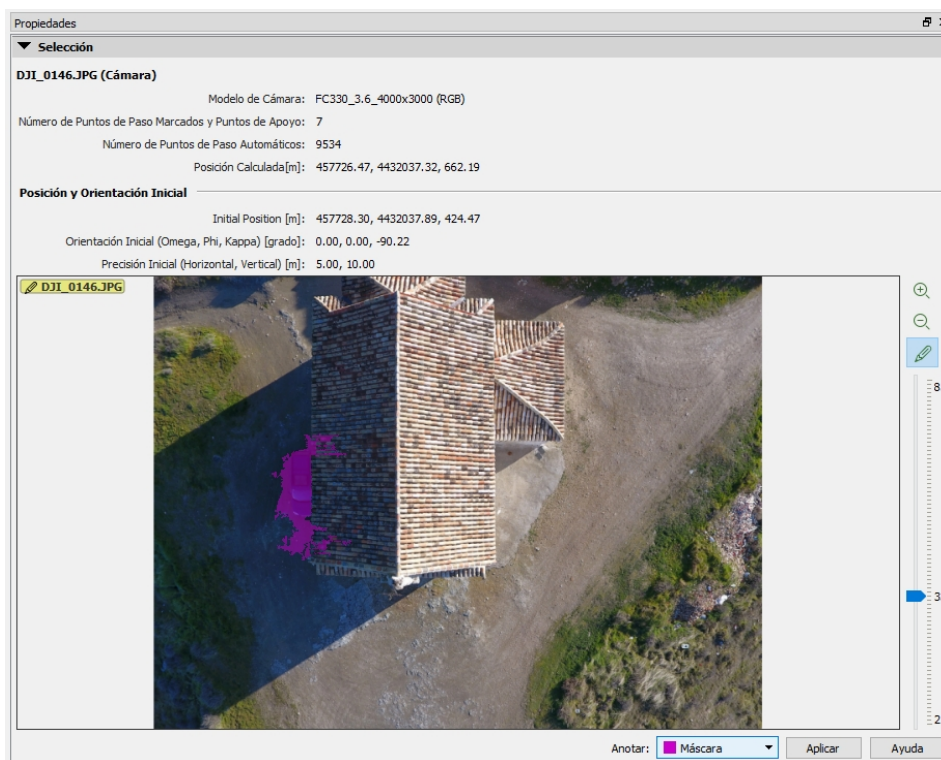
- Ocultamiento del cielo, en el caso de imágenes oblicuas en las que este aparezca.
- Ocultamiento de partes del dron en el caso que aparezcan de manera repetitiva en varias fotogramas.
- Eliminación de objetos que no deberían estar en las escena u objetos que se han movido durante el/los vuelos.

Realizando este proceso, mejoraremos el tiempo en el paso dos Densificación de la Nube de Puntos o evitaremos la obtención de puntos que no deseamos que aparezcan en la nube de puntos y en productos derivados como el ortomosaico.



**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

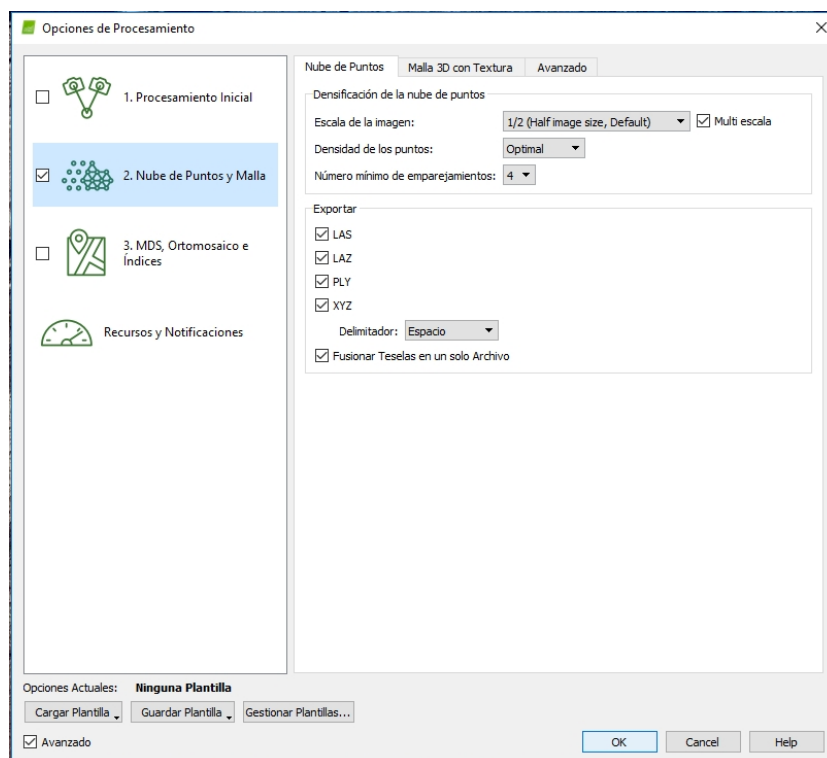


*Aplicación de máscara en uno de los fotogramas.*

#### 14.6.5. Procesamiento del paso 2 nube de puntos y malla

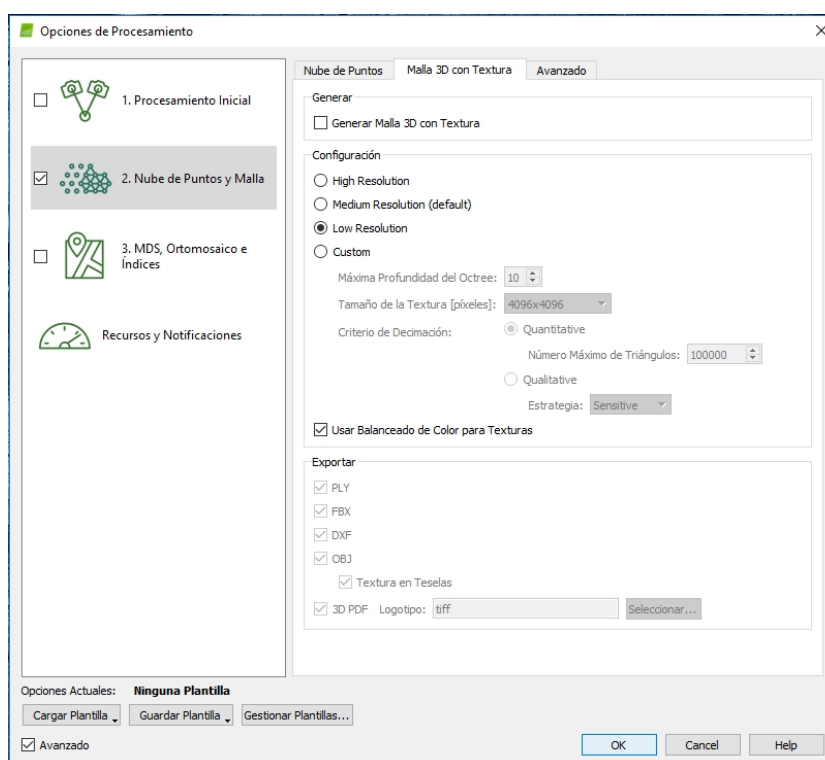
Se procede a la selección de las Opciones de procesamiento del paso 2 o Densificación de la Nube de Puntos y Malla.

En la primera pestaña o Nube de puntos se seleccionarán las opciones que se muestran en la siguiente imagen, es de destacar que se seleccionó como número mínimo de emparejamientos 4, en vez de 3 (Valor por defecto), esto permite que cada punto calculado tenga una mayor precisión y fiabilidad. Además de que la nube de puntos resultante tenga un número de puntos menor (pero suficiente para este proyecto), esto permitirá un uso más veloz de la nube de puntos final, debido a que el archivo resultante tendrá un tamaño menor.



*Opciones de procesamiento, Nube de Puntos.*

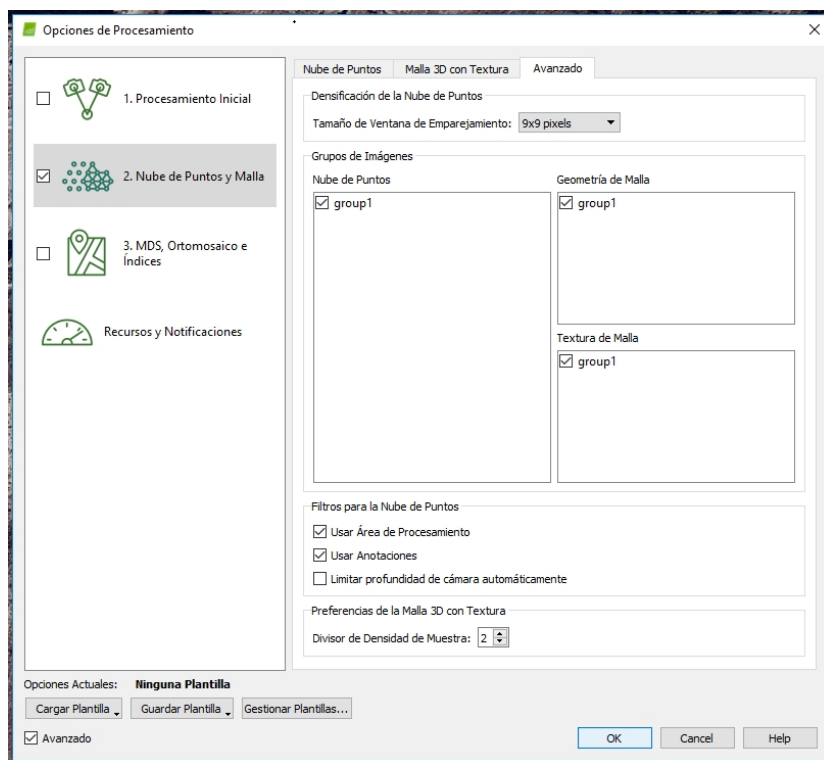
El siguiente paso, Generación de la malla 3D con Textura, no se activará, ya que este paso se puede realizar una vez calculado todo el proyecto, a través de Procesar/Generar malla 3d con textura. Haciendo esto nos permite clasificar la nube de puntos, eliminar puntos erróneos de la nube de puntos o separar la nube de puntos en varias zonas, para la mejora del la Malla 3D final.



*Opciones de procesamiento, Malla 3D con Textura.*

En la pestaña de avanzado es de destacar la selección del tamaño de la ventana de 9x9 píxeles en vez de el valor por defecto 7x7 píxeles, esto sirve para aumentar la ventana de correlación y la modificación del divisor de densidad de muestra que sirve para aumentar el número de puntos en donde la densidad de puntos a priori es menor.



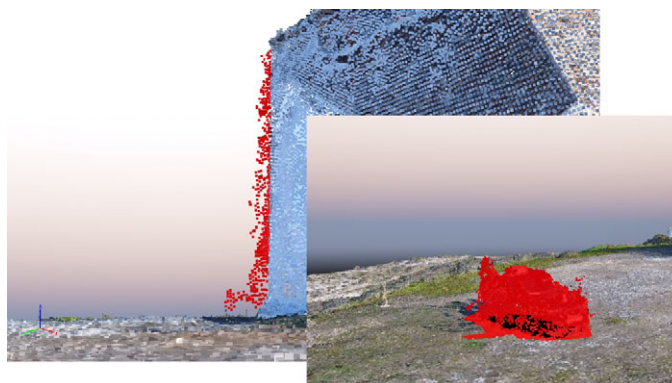


*Opciones de Procesamiento, Avanzado.*

#### **14.6.6. Procesamiento del paso 3 Mds, Ortomosaico e índices**

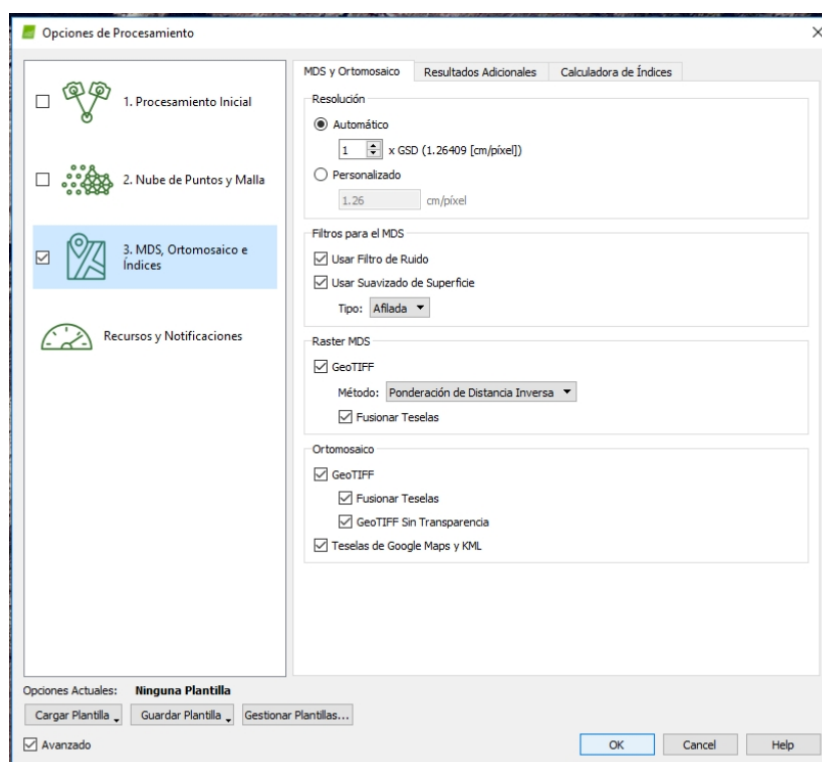
Tras el paso 2. Densificación de la Nube de Puntos, Podemos ver en la ventana rayCloud, los resultados, antes de pasar a modificar las opciones de procesamiento del paso 3 MDS, Ortomosaico e índices, se procede a la eliminación de los puntos erróneos de la nube de puntos y de los puntos que no queremos que entren en el cálculo del MDT. No se procede a clasificar la nube de puntos en este paso, ya que para la generación del MDT el software tiene un algoritmo automático para eliminar o minimizar los puntos altos como los de vegetación y edificios.





*Eliminación de puntos de la Nube de Puntos Densificada.*

En las siguientes tres imágenes se muestran las opciones seleccionadas en el paso 3 MDS Ortomosaico e Índices, para la generación de los productos derivados, el último de los pasos cálculo de índices, no se realiza por no haber utilizado una cámara multiespectral.



*Pestaña MDS y Ortomosaico.*



## OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS

### TRABAJO DE FIN DE GRADO



Opciones de Procesamiento

1. Procesamiento Inicial

2. Nube de Puntos y Malla

3. MDS, Ortomosaico e Índices

Recursos y Notificaciones

Opciones Actuales: Ninguna Plantilla

Cargar Plantilla Guardar Plantilla Gestionar Plantillas...

Avanzado OK Cancel Help

MDS y Ortomosaico Resultados Adicionales Calculadora de Índices

Grid MDS

☒ XYZ Delimitador: Espacio

☒ LAS

☒ LAZ

Espaciado Grid [cm]: 1

Raster MDT

☒ GeoTIFF

☒ Fusionar Teselas

Resolución Raster MDT

☒ Automático

5 x GSD (1.26409 [cm/píxel])

☐ Personalizado

6.32 cm/píxel

Curvas de Nivel

Nota: Curvas de nivel generadas desde el MDT

☒ SHP

☒ PDF

☒ DXF

Base de Curvas de Nivel [m]: 0

Intervalo de Alturas [m]: 0.5

Resolución [cm]: 10

Longitud Mínima de Curvas [vértices]: 20

### Pestaña Resultados adicionales.

Opciones de Procesamiento

1. Procesamiento Inicial

2. Nube de Puntos y Malla

3. MDS, Ortomosaico e Índices

Recursos y Notificaciones

Opciones Actuales: Ninguna Plantilla

Cargar Plantilla Guardar Plantilla Gestionar Plantillas...

Avanzado OK Cancel Help

MDS y Ortomosaico Resultados Adicionales Calculadora de Índices

Procesamiento Radiométrico y Calibración

FC330\_3.6\_4000x3000 (RGB)

Tipo de Corrección: No Corrección

Calibración: Calibrar... Resetear

Resolución

☒ Automático

1 x GSD (1.26409 [cm/píxel])

☐ Personalizado

1.26 cm/píxel

Método de Reducción: Gaussiana Media

Mapa de Reflectancia

☐ GeoTIFF

☐ Fusionar Teselas

Índices

Nota: estas opciones solamente están disponibles cuando "Mapa de reflectancia > GeoTIFF" está seleccionado.

☐ red = red

☐ green = green

☐ blue = blue

☐ grayscale = 0.2126 \* red + 0.7152 \* green + 0.0722 \* blue

Exportar

Nota: estas opciones solamente están disponibles cuando "Mapa de reflectancia > GeoTIFF" y al menos un índice en "Índices" están seleccionados.

### Pestaña Calculadora de Índices

#### 14.6.7. Generación de la malla tridimensional con texturas.

Una vez calculado todo, excepto la malla tridimensional con texturas, se ha procedido a dividir la nube de puntos en 6 zonas para este cometido. Eliminando los puntos clasificados como vegetación, esta división ha permitido:

La mejora de la definición de la malla tridimensional., ya que cada división ha sido posible calcularla a una definición que por otro lado sería inviable de calcular para todo el modelo por temas de memoria RAM.

(entiendase definición, como el tamaño medio de cada triángulo de la malla).

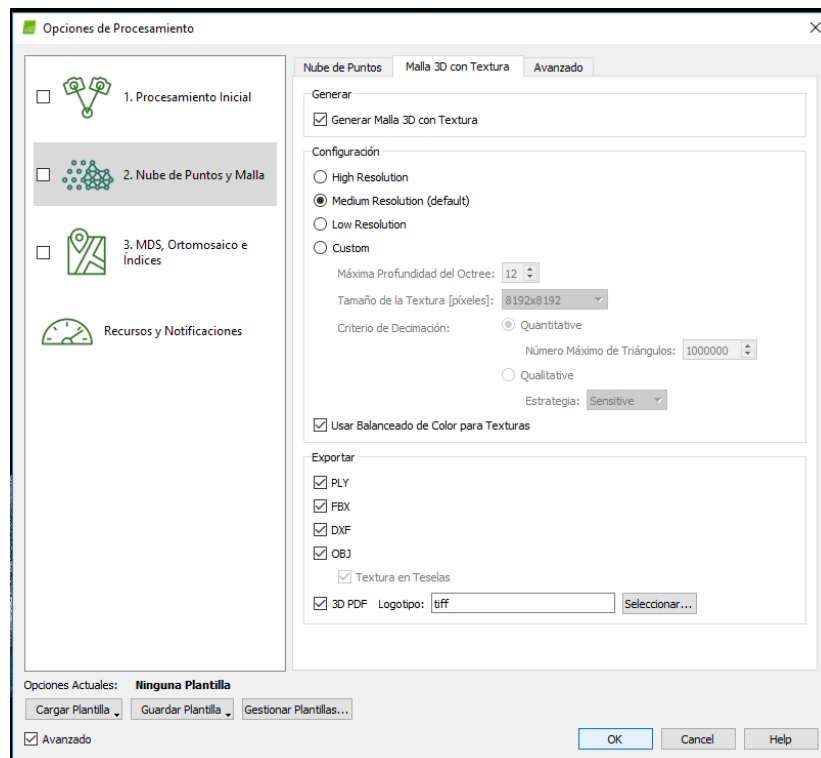
La reducción del tiempo de cálculo de cada una de las zonas.

El equilibrio entre definición y la incapacidad de crear triángulos suficientemente grandes para abarcar puntos suficientes de la nube de puntos, esto evita que en zonas de poca densidad de puntos, se produzcan orificios, sin superficie. Los cuales se deberían de corregir de una manera manual.

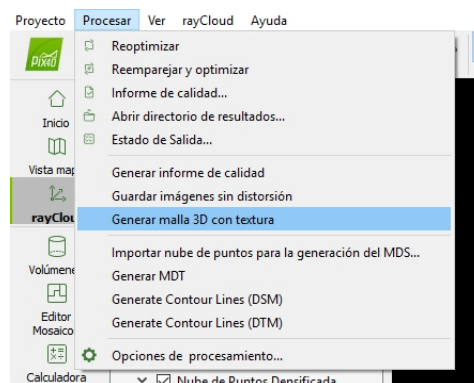
La reducción del tamaño del archivo 3D de cada una de las zonas, esto ha permitido la posibilidad de importarlo en diferentes software y de crear archivos KMZ, que de otra manera sería inviable ejecutarlos de manera fluida en la mayoría de los ordenadores actuales.



*Se aprecia una de las 6 zonas, sin la vegetación, para el posterior cálculo de la malla tridimensional.*



*Configuración de los parámetros para el cálculo de la malla 3D con Textura.*



*Generación de la malla 3D.*

Con lo anterior se da por finalizado el procesamiento del vuelo.



## 14.7. Informe de resultados Pix4D

### Quality Report



Generated with Pix4Dmapper Pro version 3.1.23

- Important:** Click on the different icons for:
- Help to analyze the results in the QualityReport
  - Additional information about the sections

Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

#### Summary



Project	oreja_parte1
Processed	2017-05-02 00:45:12
Camera Model Name(s)	FC330_3.6_4000x3000 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	1.26 cm / 0.49 in
Area Covered	0.0519 km <sup>2</sup> / 5.1929 ha / 0.0201 sq. mi. / 12.8385 acres

#### Quality Check



Images	median of 32562 keypoints per image	✓
Dataset	1024 out of 1025 images calibrated (99%), all images enabled	✓
Camera Optimization	4.04% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
Matching	median of 13220.3 matches per calibrated image	✓
Georeferencing	yes, 18 GCPs (18 3D), mean RMS error = 0.011 m	✓

#### Preview

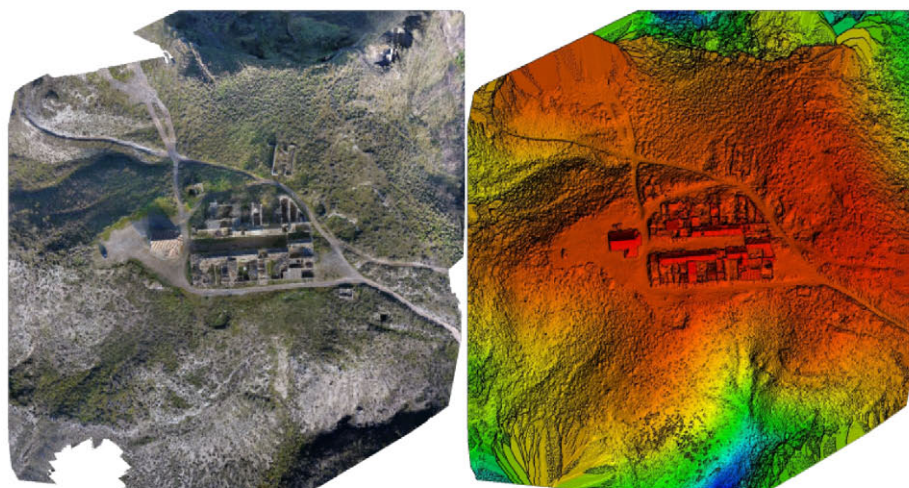


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

## Calibration Details

Number of Calibrated Images	1024 out of 1025
Number of Geolocated Images	1025 out of 1025

### Initial Image Positions

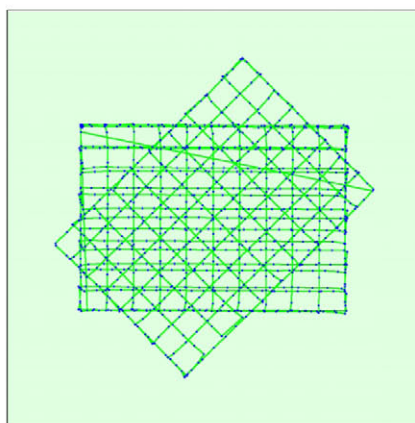


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

### Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions

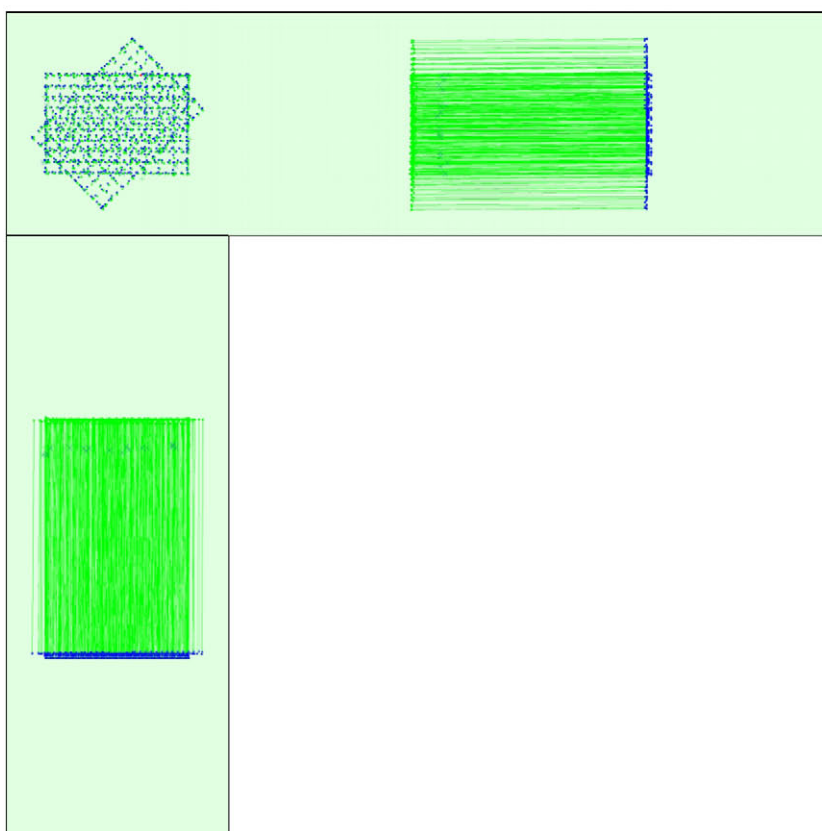


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Red dots indicate disabled or uncalibrated images.

**Overlap**

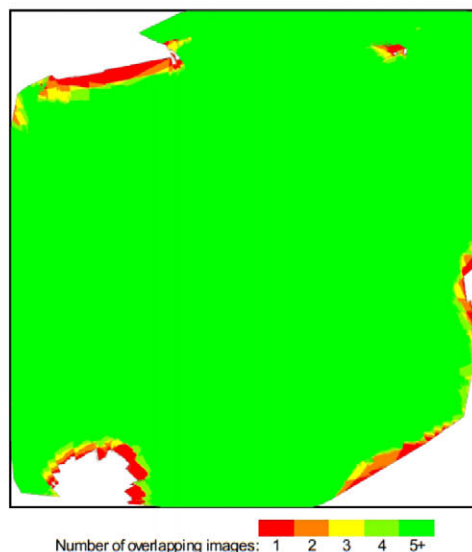


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

## Bundle Block Adjustment Details


Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	13919663
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	4930930
Mean Reprojection Error [pixels]	0.251

### Internal Camera Parameters

**FC330\_3.6\_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.317 [mm] x 4.738 [mm]**

EXIF ID: FC330\_3.6\_4000x3000

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	2285.722 [pixel] 3.610 [mm]	2000.006 [pixel] 3.159 [mm]	1500.003 [pixel] 2.369 [mm]	-0.001	-0.002	0.000	-0.001	-0.001
Optimized Values	2378.149 [pixel] 3.756 [mm]	2018.934 [pixel] 3.189 [mm]	1433.235 [pixel] 2.264 [mm]	0.003	-0.010	0.006	-0.000	0.000



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel, averaged over all images of the camera model, is color coded between black and white. White indicates that, on average, more than 16 ATPs have been extracted at the pixel location. Black indicates that, on average, 0 ATPs have been extracted at the pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the reprojection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

### 2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	32562	13220
Mn	21470	165
Max	49654	23969
Mean	32843	13593





**OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DEL  
DESPOBLADO DE OREJA (TOLEDO) MEDIANTE RPAS**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**



**2 3D Points from 2D Keypoint Matches**



	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	3368126
In 3 Images	781893
In 4 Images	317825
In 5 Images	162697
In 6 Images	93471
In 7 Images	58170
In 8 Images	38506
In 9 Images	26039
In 10 Images	18695
In 11 Images	13685
In 12 Images	10179
In 13 Images	7689
In 14 Images	6008
In 15 Images	4706
In 16 Images	3691
In 17 Images	3007
In 18 Images	2440
In 19 Images	1834
In 20 Images	1637
In 21 Images	1325
In 22 Images	1167
In 23 Images	1005
In 24 Images	846
In 25 Images	752
In 26 Images	637
In 27 Images	561
In 28 Images	496
In 29 Images	392
In 30 Images	340
In 31 Images	343
In 32 Images	298
In 33 Images	248
In 34 Images	207
In 35 Images	194
In 36 Images	208
In 37 Images	161
In 38 Images	149
In 39 Images	121
In 40 Images	118
In 41 Images	104
In 42 Images	107
In 43 Images	88
In 44 Images	69
In 45 Images	72
In 46 Images	59
In 47 Images	58
In 48 Images	63
In 49 Images	49
In 50 Images	37
In 51 Images	43
In 52 Images	27
In 53 Images	28
In 54 Images	26
In 55 Images	23
In 56 Images	19
In 57 Images	16
In 58 Images	15
In 59 Images	12
In 60 Images	13
In 61 Images	13
In 62 Images	15
In 63 Images	10
In 64 Images	14
In 65 Images	12



In 66 Images	2
In 67 Images	3
In 68 Images	9
In 69 Images	9
In 70 Images	9
In 71 Images	5
In 72 Images	3
In 73 Images	3
In 74 Images	4
In 75 Images	5
In 76 Images	3
In 77 Images	2
In 78 Images	1
In 79 Images	1
In 80 Images	1
In 81 Images	1
In 82 Images	2
In 83 Images	3
In 84 Images	1
In 85 Images	1
In 88 Images	2
In 94 Images	2

**2D Keypoint Matches**

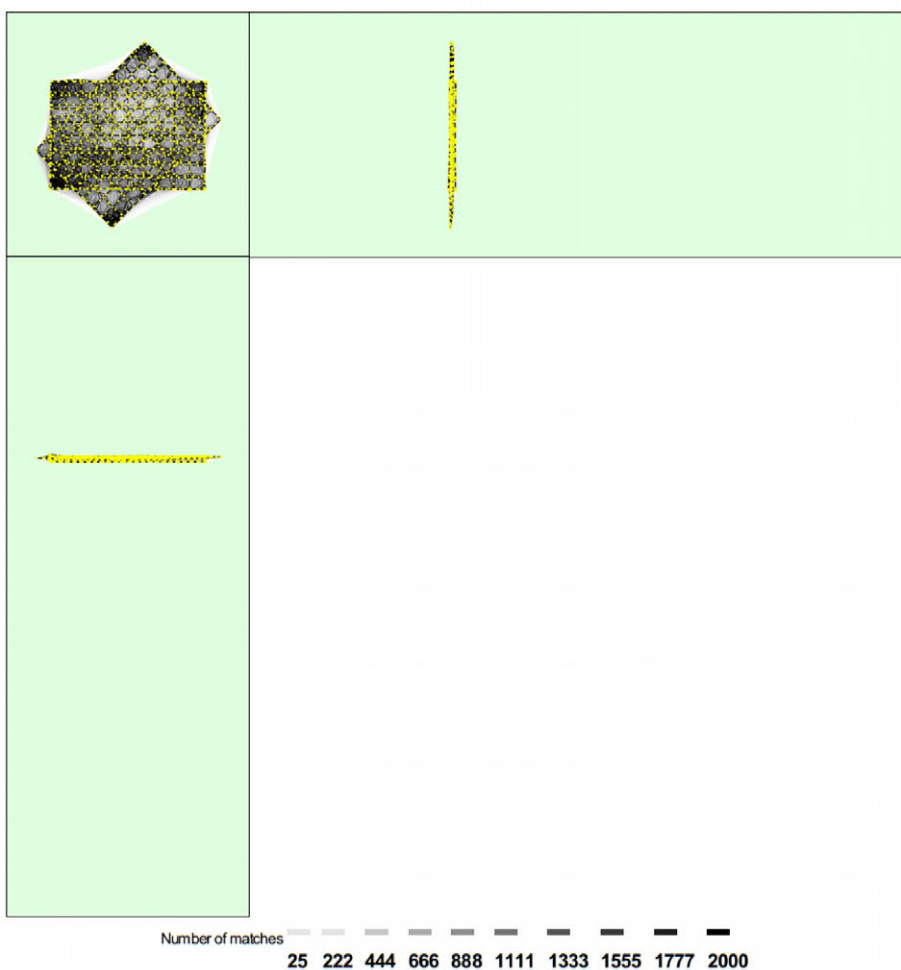


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images.



## Geolocation Details

### Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X[m]	Error Y[m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
GCP1 (3D)	0.005/0.008	0.007	-0.005	0.002	0.881	45 / 45
GCP2 (3D)	0.005/0.008	-0.007	0.003	-0.003	0.770	82 / 82
GCP3 (3D)	0.005/0.008	0.000	-0.003	0.003	0.759	88 / 89
GCP4 (3D)	0.005/0.008	-0.001	0.008	-0.009	0.770	81 / 81
GCP5 (3D)	0.005/0.008	0.004	-0.004	0.029	0.916	85 / 86
GCP6 (3D)	0.005/0.008	0.005	0.002	0.015	0.823	114 / 114
GCP7 (3D)	0.005/0.008	-0.006	0.000	-0.002	0.786	106 / 108
GCP8 (3D)	0.005/0.008	-0.002	-0.001	0.027	0.857	101 / 101
GCP9 (3D)	0.005/0.008	0.001	0.002	-0.017	0.825	88 / 88
GCP10 (3D)	0.005/0.008	-0.006	0.006	0.001	0.902	80 / 80
GCP11 (3D)	0.005/0.008	-0.006	0.003	-0.026	1.152	90 / 90
GCP12 (3D)	0.005/0.008	0.002	-0.007	-0.008	0.976	84 / 85
GCP13 (3D)	0.005/0.008	-0.013	-0.002	-0.052	0.912	91 / 91
GCP14 (3D)	0.005/0.008	-0.005	-0.003	-0.015	0.809	100 / 100
GCP15 (3D)	0.005/0.008	-0.000	-0.007	0.002	0.970	95 / 95
GCP16 (3D)	0.005/0.008	0.016	0.011	0.044	1.154	84 / 86
GCP17 (3D)	0.005/0.008	0.008	0.008	0.038	0.981	104 / 104
GCP18 (3D)	0.005/0.008	0.006	-0.007	-0.009	0.877	63 / 65
Mean [m]		0.000206	0.000250	0.001096		
Sigma [m]		0.006665	0.005405	0.022853		
RMS Error [m]		0.006668	0.005411	0.022879		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

### Absolute Geolocation Variance

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.00	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.00	0.00	0.00
-9.00	-6.00	0.00	0.00	0.00
-6.00	-3.00	0.00	0.00	0.00
-3.00	0.00	53.91	50.78	48.54
0.00	3.00	45.70	49.12	50.98
3.00	6.00	0.39	0.10	0.49
6.00	9.00	0.00	0.00	0.00
9.00	12.00	0.00	0.00	0.00
12.00	15.00	0.00	0.00	0.00
15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-0.680186	1.330232	-237.380113
Sigma [m]		1.299070	1.028406	1.519095
RMS Error [m]		1.466368	1.681409	237.384974

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	-0.680186	1.330232	-237.380113

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.



## ? Relative Geolocation Variance



Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	100.00	100.00	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	5.000000	5.000000	10.000000
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	1.589
Phi	1.482
Kappa	6.827

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

## Initial Processing Details



### System Information



Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-6700HQ CPU @2.60GHz RAM: 16GB GPU: Intel(R) HD Graphics 530 (Driver: 21.20.16.4639), NVIDIA GeForce GTX970M (Driver: 22.21.13.8189)
Operating System	Windows 10 Enterprise, 64-bit

### Coordinate Systems



Image Coordinate System	WGS84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS84 / UTMzone 30N
Output Coordinate System	WGS84 / UTMzone 30N

### Processing Options



Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Custom, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Custom Use Capture Time: no Use Triangulation of Image Geolocation: yes Use Distance: no Use Image Similarity: no Use MTPs: yes, Maximum Number of Image Pairs per MTP: 25 Use Time for Multiple Cameras: no
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: yes
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Geolocation Based Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Custom, yes Bundle Adjustment: Classic



## Point Cloud Densification details

### Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	4
3D Textured Mesh Generation	no
Advanced: Matching Window Size	9x9 pixels
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Advanced: Limit Camera Depth Automatically	no
Time for Point Cloud Densification	05h:21m:39s

### Results

Number of Processed Clusters	2
Number of Generated Tiles	3
Number of 3D Densified Points	36047838
Average Density (per m <sup>3</sup> )	2688.27

## DSM, Orthomosaic and Index Details

### Processing Options

DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (1.26 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: yes Google Maps Tiles and KML: yes
Grid DSM	Generated: yes, Spacing [cm]: 1
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (1.26 [cm/pixel])
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 0.5 Resolution [cm]: 10 Minimum Line Size [vertices]: 20
Time for DSM Generation	01h:09m:17s
Time for Orthomosaic Generation	01h:43m:22s
Time for DTM Generation	01m:41s
Time for Contour Lines Generation	09s